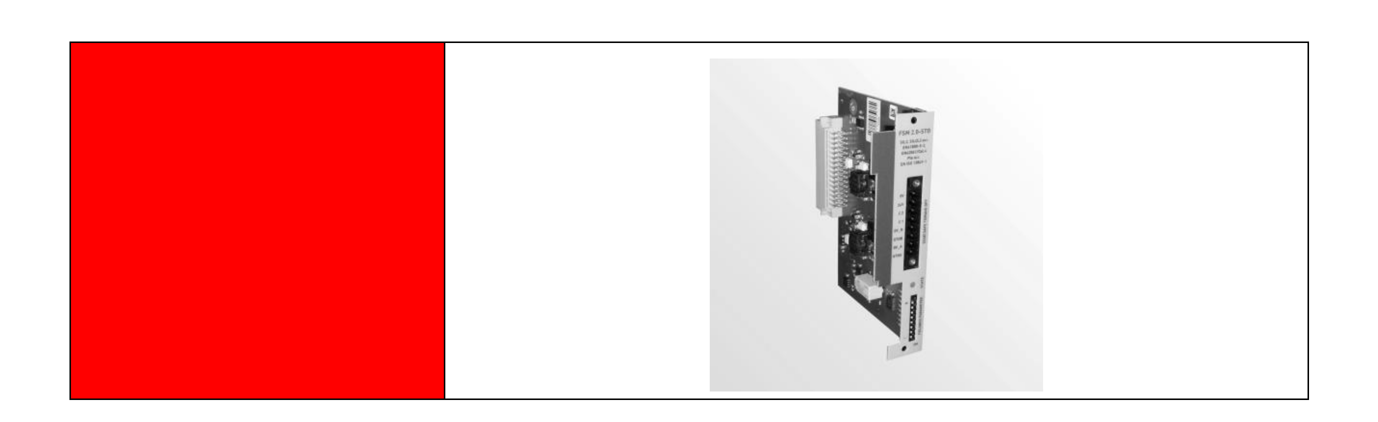
Servoregler
SE-Power FS

- **STO-Handbuch**



Original Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung





Inhaltsverzeichnis:





Abbildungsverzeichnis:



Tabellenverzeichnis:

Dieses Handbuch ist ein Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung und ist gültig für:

Typ	Bestellnummer
SE-Power FS Safety Module STO	50393463

Version dieser Dokumentation:	SE-Power FS STO-Handbuch vers. 1.4 de.03.03.2014



Vorsicht!

Da es sich bei diesem Handbuch um ein Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung handelt, ist dieses Dokument allein nicht ausreichend für den Einbau und die Inbetriebnahme des Gerätes.

Bitte beachten Sie hierzu auch die Hinweise unter:

1.1 Dokumentation



Die in diesem Handbuch aufgeführten Informationen beziehen sich auf folgende Hardwarevariante und Firmwareversion des Servopositionierreglers SE-Power und der Version des Parametrierprogramms Afag SE-Commander

Firmware:	**ab Version 4.0 KM-Release 1.1**
Parametriersoftware:	**ab Version 4.0**
Hardware:	**SE-Power FS mit Safety Module STO FSM 2.0 ab Revision 1.5**



1 Allgemeines

1.1 Dokumentation

Zu den Servopositionierreglern der Reihe SE-Power sind umfangreiche Dokumentationen vorhanden. Dabei gibt es Hauptdokumente und Ergänzungsdokumente.

Die Dokumente enthalten Sicherheitshinweise die beachtet werden müssen.

Hauptdokument:

vorliegend	Dokumentation / Beschreibung
☐	▪ **SE-Power FS Bedienungsanleitung** Beschreibt die technischen Daten, die Gerätefunktionen, die Anschlüsse und Stecker Belegungen, sowie die Handhabung der Servoreglerfamilie SE-Power FS. Es richtet sich an Personen, die sich mit dem Servoregler SE-Power FS vertraut machen wollen.



Vorsicht!

Die Bedienungsanleitung ist das Hauptdokument und vor der Installation und der Inbetriebnahme von allen Geräten der Baureihe „SE-Power FS" zwingend durchzulesen.

Ergänzungsdokumente zur Bedienungsanleitung:

vorliegend	Dokumentation / Beschreibung
☐	▪ **SE-Power FS Kurzinstallationsanleitung** Diese Anleitung liegt den Geräten SE-Power FS bei der Auslieferung bei und stellt einen Auszug aus der Bedienungsanleitung dar. Die darin enthaltenen Installationsanweisungen stellen sicher, dass sie den Servopositionierregler einfach in Betrieb nehmen können.
☒	▪ **SE-Power FS STO-Handbuch** Beschreibung der technischen Daten und der Gerätefunktionalität sowie Hinweise zur Installation und Betrieb des Sicherheitsmoduls STO.
☐	▪ **SE-Power Software-Handbuch** Beschreibung der Software SE-Commander mit den einzelnen Funktionen.
☐	▪ **SE-Power CANopen-Handbuch** Beschreibung des implementierten CANopen Protokolls gemäß CiA DSP402 und DS301.



☐	▪ **SE-Power Profibus-Handbuch** Beschreibung des implementierten PROFIBUS-DP Protokolls, der technischen Daten und der Gerätefunktionalität sowie Hinweise zur Installation und Betrieb des Feldbus-Schnittstellen-Moduls „SE-Power Profibus Interface“.
☐	▪ **SE-Power EtherCAT-Handbuch** Beschreibung der Feldbusanschaltung mit EtherCAT unter Verwendung des CoE (CANopen over EtherCAT) Protokolls, der technischen Daten und der Gerätefunktionalität sowie Hinweise zur Installation und Betrieb des Feldbus-Schnittstellen-Moduls „SE-Power EtherCAT Interface“.
☐	▪ **SE-Power FS Programmierbeispiel Siemens S7 V5.5** Beschreibung zur Konfiguration und Programm vom Programmierbeispiel für Siemens S7 V5.5.
☐	▪ **SE-Power FS Programmierbeispiel Siemens S7 TIA V12** Beschreibung zur Konfiguration und Programm vom Programmierbeispiel für Siemens S7 TIA V12.

Diese Dokumente stehen zum Download auf unserer Homepage zur Verfügung:

www.afag.com



2 Verwendete Symbole



Information

Wichtige Informationen und Hinweise.



Vorsicht!

Die Nichtbeachtung kann hohe Sachschäden zur Folge haben.



GEFAHR !

Die Nichtbeachtung kann **Sachschäden** und **Personenschäden** zur Folge haben.



Vorsicht! Lebensgefährliche Spannung.
Der Sicherheitshinweis enthält einen Hinweis auf eine eventuell auftretende lebensgefährliche Spannung.

3 Sicherheit und Voraussetzungen für den Produkteinsatz

3.1 Sicherheit

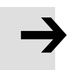
3.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise



Vorsicht!

Es gelten die Sicherheitshinweise der Bedienungsanleitung.

Die Bedienungsanleitung ist das Hauptdokument und ist vor der Installation und der Inbetriebnahme von allen Geräten der Baureihe „SE-Power“ unabhängig der Ausführung zwingend durchzulesen.

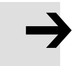


Hinweis

Verlust der Sicherheitsfunktion.

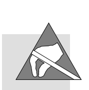
Nicht-Einhalten von Umgebungs- und Anschlussbedingungen kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

❖ Halten Sie die spezifizierten Umgebungs- und Anschlussbedingungen ein, insbesondere die Eingangsspannungstoleranzen ➔ *Technische Daten, Anhang 9.1.*



Hinweis

Beschädigung des Sicherheitsmoduls oder des Servopositionierreglers durch unsachgemäße Handhabung.



❖ Vor Montage- und Installationsarbeiten Versorgungsspannungen ausschalten. Versorgungsspannungen erst dann einschalten, wenn Montage- und Installationsarbeiten vollständig abgeschlossen sind.

❖ Modul nie unter Spannung aus dem Servopositionierregler abziehen oder einstecken!

❖ Beachten Sie die Handhabungsvorschriften für elektrostatisch gefährdete Bauelemente.

3.1.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

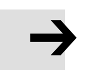
Das Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO dient als Erweiterung der Servopositionierregler SE-Power FS zum Erreichen der Sicherheitsfunktion:

- Sicher abgeschaltetes Moment – „Safe Torque Off“ (STO) mit SIL3 gemäß EN 61800-5-2 / EN 62061 / IEC 61508 bzw. Kategorie 4 / PL e gemäß EN ISO 13849-1.

Der Servopositionierregler SE-Power FS mit Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO ist ein Produkt mit sicherheitsrelevanten Funktionen und zum Einbau in Maschinen bzw. automatisierungstechnischen Anlagen bestimmt und folgendermaßen einzusetzen:

- im technisch einwandfreien Zustand
- im Originalzustand ohne eigenmächtige Veränderungen
- innerhalb der durch die technischen Daten definierten Grenzen des Produkts *(➔ Anhang 9.1)*
- im Industriebereich.

Die Funktionalen Sicherheitsmodule der Familie SE-Power FS Safety Module können in sämtlichen Servopositionierreglern der Produktfamilie SE-Power FS betrieben werden, die über den Steckplatz für Funktionale Sicherheitsmodule für die Sicherheitstechnik verfügen. Sie können nicht in einen der Erweiterungssteckplätze für Technologiemodule (TECH1 oder TECH2) gesteckt werden.



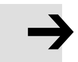
Hinweis

Bei Schäden, die aus unbefugten Eingriffen oder nicht bestimmungsgemäßer Verwendung entstehen, erlischt der Gewährleistungs- und Haftungsanspruch gegenüber dem Hersteller.

3.1.3 Vorhersehbare Fehlanwendung

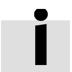
Zur nicht bestimmungsgemäßen Verwendung gehören folgende vorhersehbare Fehlanwendungen:

- der Einsatz in einem anderen Gerät als einem Servopositionierregler SE-Power FS
- der Einsatz im Außenbereich
- der Einsatz im nicht-industriellen Bereich (Wohnbereich)
- der Einsatz in Anwendungen, bei denen das Abschalten zu gefährlichen Bewegungen oder Zuständen führen kann.



Hinweis

– Die Funktion STO ist bei Antrieben, auf die ein permanentes Moment wirkt (z. B. hängende Lasten), als alleinige Sicherheitsfunktion nicht ausreichend.
– Überbrückung von Sicherheitseinrichtungen ist unzulässig.
– Reparaturen am Modul sind unzulässig!



Die Funktion STO (Safe Torque Off) schützt **nicht** gegen elektrischen Schlag, sondern ausschließlich gegen gefährliche Bewegungen!

➔ SE-Power FS Bedienungsanleitung

3.1.4 Erreichbares Sicherheitsniveau, Sicherheitsfunktion nach EN ISO 13849-1 / EN 61800-5-2

Das Sicherheitsmodul erfüllt die Anforderungen der Prüfgrundlagen:

- Kategorie 4 / PL e nach EN ISO 13849-1,
- SIL CL 3 nach EN 61800-5-2 / EN 62061 / IEC 61508,

und kann in Anwendungen bis Kat. 4 / PL e nach EN ISO 13849-1 und SIL 3 nach EN 62061 / IEC 61508 eingesetzt werden.

Das erreichbare Sicherheitsniveau hängt von den weiteren Komponenten ab, die zur Realisierung einer Sicherheitsfunktion genutzt werden.

3.2 Voraussetzungen für den Produkteinsatz

- Stellen Sie diese Dokumentation dem Konstrukteur, Monteur und dem für die Inbetriebnahme zuständigen Personal der Maschine oder Anlage, an der dieses Produkt zum Einsatz kommt, zur Verfügung.
- Stellen Sie sicher, dass die Vorgaben der Dokumentation stets eingehalten werden. Berücksichtigen Sie hierbei auch die Dokumentation zu den weiteren Komponenten und Modulen (z.B. Servopositionierregler, Leitungen usw.).
- Berücksichtigen Sie die für den Bestimmungsort geltenden gesetzlichen Regelungen sowie:
  - Vorschriften und Normen
  - Regelungen der Prüforganisationen und Versicherungen
  - nationale Bestimmungen.
- Bei Not-Halt-Anwendungen muss ein Schutz gegen automatischen Wiederanlauf entsprechend der geforderten Sicherheitskategorie vorgesehen werden. Dies kann z. B. über ein externes Sicherheitsschaltgerät erfolgen.

3.2.1 Technische Voraussetzungen

Allgemeine, stets zu beachtende Hinweise für den ordnungsgemäßen und sicheren Einsatz des Produkts:

- Halten Sie die in den technischen Daten spezifizierten Anschluss- und Umgebungsbedingungen des Sicherheitsmoduls *(➔ Anhang 9.1),* des Servopositionierreglers sowie aller angeschlossenen Komponenten ein.
  Nur die Einhaltung der Grenzwerte bzw. der Belastungsgrenzen ermöglicht ein Betreiben des Produkts gemäß den einschlägigen Sicherheitsrichtlinien.
- Beachten Sie die Hinweise und Warnungen in dieser Dokumentation.

3.2.2 Qualifikation des Fachpersonals (Anforderungen an das Personal)

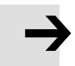
Das Gerät darf nur von einer elektrotechnisch befähigten Person in Betrieb genommen werden, die vertraut ist mit:

- der Installation und dem Betrieb von elektrischen Steuerungssystemen,
- den geltenden Vorschriften zum Betrieb sicherheitstechnischer Anlagen,
- den geltenden Vorschriften zur Unfallverhütung und Arbeitssicherheit und
- der Dokumentation zum Produkt.

3.2.3 Diagnosedeckungsgrad (DC)

Der Diagnosedeckungsgrad hängt von der Einbindung des Servopositionierreglers mit Sicherheitsmodul in die Steuerkette sowie von den umgesetzten Maßnahmen zur Diagnose ab.

Wenn bei der Diagnose eine Störung erkannt wird, müssen geeignete Maßnahmen zum Erhalt des Sicherheitsniveaus vorgesehen werden.



Hinweis

Prüfen sie, ob in Ihrer Applikation eine Querschlusserkennung des Eingangskreises und der Anschlussverdrahtung erforderlich ist.

Verwenden Sie ggf. ein Sicherheitsschaltgerät mit Querschlusserkennung für die Ansteuerung des Sicherheitsmoduls.

3.2.4 Einsatzbereich und Zulassungen

Der Servopositionierregler mit eingebautem Sicherheitsmodul ist ein Sicherheitsbauteil nach Maschinenrichtlinie, der Servopositionierregler ist mit dem CE-Kennzeichen versehen.

Normen und Prüfwerte, die das Produkt einhält und erfüllt, finden Sie im *Abschnitt „Technische Daten“ (➔ Anhang 9.1).* Die produktrelevanten EG-Richtlinien entnehmen Sie bitte der Einbauerklärung.



4 Produktbeschreibung SE-Power Safety Module STO

4.1 Produktübersicht

4.1.1 Einsatzzweck

Mit zunehmender Automatisierung gewinnt der Schutz von Personen vor gefahrbringenden Bewegungen immer größere Bedeutung. Die funktionale Sicherheit beschreibt erforderliche Maßnahmen durch elektrische oder elektronische Einrichtungen, um Gefahren durch Funktionsfehler zu vermindern oder zu beseitigen. Im normalen Betrieb verhindern Schutzeinrichtungen den menschlichen Zugriff auf Gefahrenstellen. In bestimmten Betriebsarten, z. B. beim Einrichten, müssen sich Personen auch in Gefahrenbereichen aufhalten. In diesen Situationen muss der Maschinenbediener durch antriebs- und steuerungsinterne Maßnahmen geschützt werden.

Die integrierte funktionale Sicherheitstechnik bietet die steuerungs- und antriebsseitigen Voraussetzungen zur optimalen Realisierung von Schutzfunktionen. Die Aufwände bei Planung und Installation sinken. Durch den Einsatz integrierter funktionaler Sicherheitstechnik steigen Maschinenfunktionalität und Verfügbarkeit, im Vergleich zum Einsatz herkömmlicher Sicherheitstechnik.

Typ	Beschreibung
FSM 2.0 – STO	Sicherheitsmodul mit Funktion STO und DIP-Schaltern.
FSM 2.0 – MOV	Sicherheitsmodul mit erweiterten Sicherheitsfunktionen (in Vorbereitung)

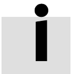
Tabelle 1: Übersicht Sicherheits-Aktivierungs-Module für den SE-Power FS

4.1.2 Unterstützte Geräte

Das SE-Power FS Safety Module STO kann ausschließlich in Servopositionierreglern entsprechend *Abschnitt 3.1.2* eingesetzt werden.

Die Servopositionierregler der Familie SE-Power FS sind im Auslieferungszustand bereits mit dem bestellten Sicherheitsmodul (STO oder MOV) für integrierte Funktionale Sicherheit ausgerüstet.

Bei der Ausführung mit eingesetztem SE-Power FS Safety Module STO ist die Erweiterung auf die in diesem Produkthandbuch beschriebenen Sicherheitsfunktionen der integrierten funktionalen Sicherheit für sicherheitsgerichtete Stopps möglich.



Für die Ausführung mit eingesetztem SE-Power FS Safety Module MOV (in Vorbereitung) benötigen Sie die Anleitung: „SE-Power FS MOV-Handbuch“ (in Vorbereitung).



4.1.3 Bedienteile und Anschlüsse

Das SE-Power FS Safety Module STO verfügt über die folgenden Bedienteile, Anschlüsse und Anzeigeelemente.

1. Servopositionierregler SE-Power FS mit Steckplatz für Funktionale Sicherheitsmodule
2. Digitale I/O-Schnittstelle [X40] zur Steuerung der STO-Funktion
3. Pin 1 der Schnittstelle [X40]
4. LED zur Statusanzeige (Status der funktionalen Sicherheit)
5. DIP-Schalter (Aktivierung/Konfiguration der Feldbus-Kommunikation im Servopositionierregler)

Abbildung 1: Bedienteil und Anschlüsse SE-Power FS Safety Module STO

4.2 Funktion und Anwendung

Das Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO besitzt die folgenden Leistungsmerkmale:

- Erreichen der Funktion „Safe Torque Off“ (STO),
- Potentialfreier Rückmeldekontakt für den Betriebsstatus,
- Ausführung als von außen steckbares Modul, dadurch ist eine Nachrüstung möglich,
- Ausschließlich geeignet für Servopositionierregler der Produktfamilie SE-Power FS.

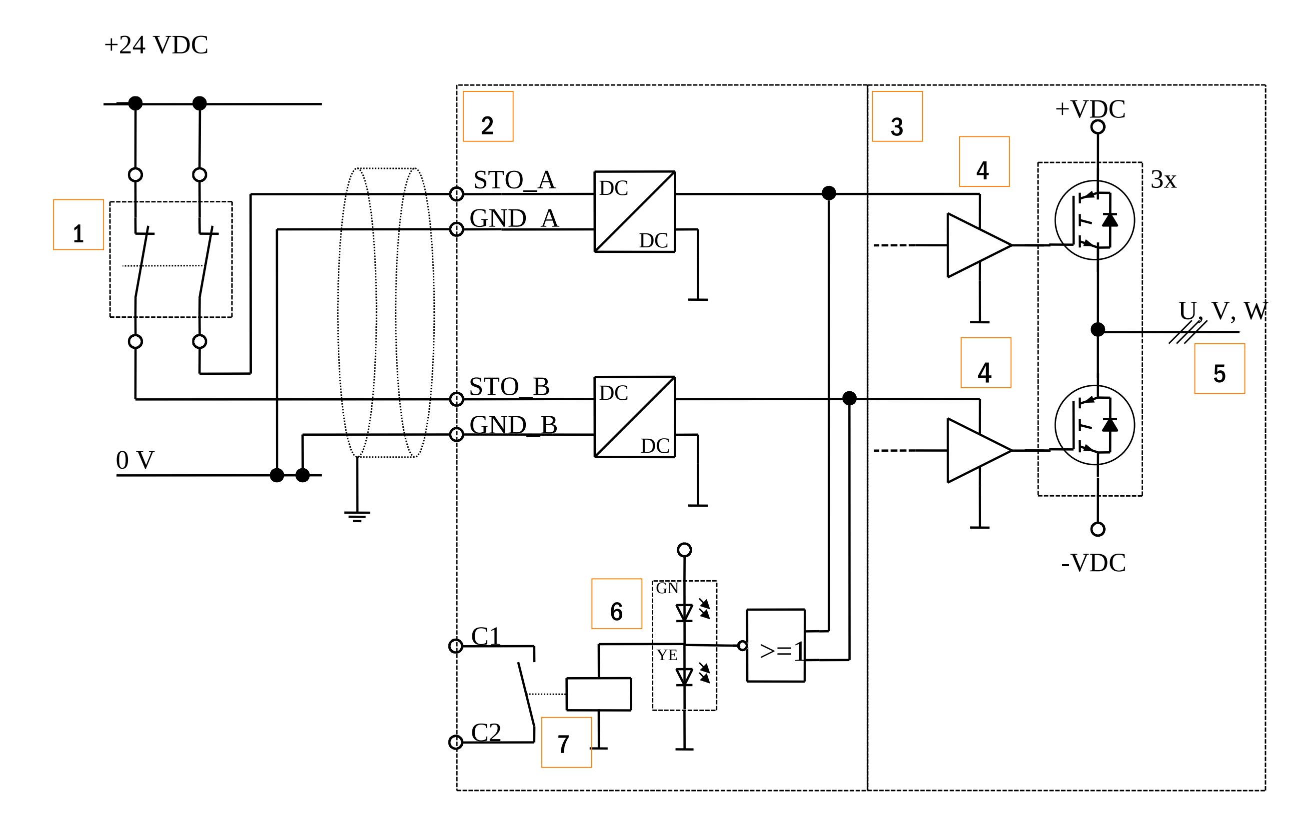
Mit einem geeigneten externen Sicherheitsschaltgerät und geeigneter Beschaltung des Grundgeräts SE-Power FS kann die Funktion "Sicherer Halt" (SS1) realisiert werden.



4.2.1 Beschreibung der Sicherheitsfunktion STO

Nutzen Sie die Funktion „Sicher abgeschaltetes Moment“ („Safe Torque Off“, STO), wenn Sie in Ihrer Anwendung die Energiezufuhr zum Motor sicher abschalten müssen.

Die Funktion „Sicher abgeschaltetes Moment“ schaltet die Treiberversorgung für die Leistungshalbleiter ab und verhindert somit, dass die Leistungsendstufe die vom Motor benötigte Spannung liefert, siehe *Abbildung 2.*



1 Sicherheitskreis (Schalter, Relais, Sicherheitsschaltgerät)

2 SE-Power FS Safety Module STO

3 Leistungsendstufe im SE-Power FS (nur eine Phase dargestellt)

4 Treiberversorgung

5 Motoranschluss

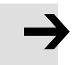
6 LED (grün / gelb), Statusanzeige

7 Rückmeldekontakt

Abbildung 2: „Sicher abgeschaltetes Moment“ – Funktionsprinzip beim SE-Power FS

Bei aktiver Sicherheitsfunktion STO „Safe Torque Off“ ist die Energieversorgung zum Antrieb sicher unterbrochen. Der Antrieb kann kein Drehmoment und somit auch keine gefährlichen Bewegungen erzeugen. Bei hängenden Lasten oder anderen externen Kräften sind zusätzliche Maßnahmen vorzusehen, die ein Absacken sicher verhindern (z. B. mechanische Haltebremsen). Im Zustand STO „Safe Torque Off“ erfolgt keine Überwachung der Stillstandsposition.

Das Stillsetzen der Maschine muss sicherheitsgerichtet herbeigeführt und sichergestellt werden, z.B. über ein Sicherheitsschaltgerät. Dies gilt insbesondere für Vertikalachsen ohne selbsthemmende Mechanik, Feststelleinheit oder Gewichtsausgleich.



Hinweis

Es besteht die Gefahr des Anruckens des Antriebs bei Mehrfachfehlern im SE-Power FS.

Falls während des Zustands STO die Endstufe des Servopositionierreglers ausfällt (gleichzeitiger Kurzschluss von 2 Leistungshalbleitern in unterschiedlichen Phasen), kann es zu einer begrenzten Rast-Bewegung des Rotors kommen. Der Drehwinkel / Weg entspricht einer Polteilung. Beispiele:

– Rotative Achse, Synchronmaschine, 8-polig ➔ Bewegung < 45° an der Motorwelle.
– Linearmotor, Polteilung 20 mm ➔ Bewegung < 20 mm am bewegten Teil.

4.2.2 Übersicht Schnittstelle [X40]

Das Sicherheitsmodul besitzt an der Frontseite einen 8-poligen Anschluss [X40] für Steuereingänge, Rückmeldekontakt und eine 24 V Hilfsversorgung für externe Sensoren ➔ *Abschnitt 5.2*.

Die Sicherheitsfunktion STO wird ausschließlich über die zwei digitalen Steuereingänge STO-A und STO-B angefordert. Eine sicherheitsgerichtete Beschaltung weiterer Schnittstellen am Grundgerät SE-Power FS ist nicht unbedingt erforderlich bzw. vorgesehen.



Eine Querschlusserkennung des Eingangskreises wird durch das Sicherheitsmodul nicht durchgeführt.

Über einen potentialfreien Rückmeldekontakt (Schließer) wird der Zustand des Servopositionierreglers an ein externes Sicherheitsschaltgerät zurück gemeldet. Damit kann eine abwärtskompatible Anschaltung in einer gemischten Konfiguration bestehend aus SE-Power (bisherige Gerätegeneration mit der Funktionalität „Sicherer Halt“ über den Anschluss [X3]) und dem SE-Power FS realisiert werden ➔ *Abschnitt 8.3*.

Die Schnittstelle [X40] erlaubt den direkten Anschluss von aktiven und passiven Sensoren, da eine 24 V Versorgungsspannung (Hilfsversorgung) mit zugehörigem Bezugspotential herausgeführt ist.

Anschlüsse	Beschreibung
STO-A (Pin 1) 0V-A (Pin 2)	Steuereingang A für die Funktion STO mit dem zugehörigen Bezugspotential. 1) – Anforderung „Safe Torque Off“ (STO) bei Low (0-Signal), zusammen mit STO-B.
STO-B (Pin 3) 0V-B (Pin 4)	Steuereingang B für die Funktion STO mit dem zugehörigen Bezugspotential. 1) – Anforderung „Safe Torque Off“ (STO) bei Low (0-Signal), zusammen mit STO-A.
C1 (Pin 5) C2 (Pin 6)	Rückmeldekontakt für den Zustand „Safe Torque Off“ (STO), z. B. an eine externe Steuerung. – Rückmeldekontakt geöffnet: „Safe Torque Off“ (STO) nicht aktiv – Rückmeldekontakt geschlossen: „Safe Torque Off“ (STO) aktiv
24 V (Pin 7) 0 V (Pin 8)	Hilfsversorgung, z. B. für sicherheitsgerichtete Peripherie (24 V DC Logikversorgung des Servopositionierreglers).
1) Steuereingänge 24 V, High-aktiv, angelehnt an EN 61131-2, Signalpegel abweichend, siehe *Abschnitt 9, Tabelle 20*.	

Tabelle 2: Funktion der Anschlüsse des Moduls

Die Anschlüsse sind in Gruppen untereinander und gegenüber der 24 V-Versorgung des Grundgerätes galvanisch getrennt ➔ *Abschnitt 9, Tabelle 23*.

4.2.3 Steuereingänge STO-A, 0V-A / STO-B, 0V-B [X40]

Mit den beiden Steuereingängen STO-A und STO-B wird die Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off) zweikanalig angefordert. Sie erlauben den direkten Anschluss von sicheren Halbleiterausgängen (elektronische Sicherheitsschaltgeräte, aktive Sicherheitssensoren, z.B. Lichtgitter mit OSSD-Signalen) und von Schaltkontakten (Sicherheitsschaltgeräte mit Relaisausgängen, passive Sicherheitssensoren, z.B. zwangsgeführte Positionsschalter) ➔ *z.B. Abschnitt 5.2.3, Abbildung 7*.

Um die Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off) anzufordern, wird die 24 V Steuerspannung an beiden Steuereingängen STO-A und STO-B abgeschaltet (0 V). Wenn beide Steuereingänge gleichzeitig bzw. innerhalb einer festgelegten Diskrepanzzeit abgeschaltet werden, ist die Funktion STO aktiv.

Für die Steuereingänge STO-A und STO-B ist eine Unterspannungsüberwachung integriert, um ungültige Spannungsbereiche für die nachgeschalteten Folgeelektroniken auszuschließen sowie eine Überspannungsüberwachung zum Schutz vor Überspannung.



Tabelle 20 in Abschnitt 9.1.4 beschreibt die technischen Daten für die Steuereingänge im spezifizierten Betriebsbereich von Logikspannungen.

Für den Eingangsspannungsbereich der Steuereingänge STO-A und STO-B sind Toleranzbereiche definiert. Von der Höhe der Eingangsspannung hängt die in den Komponenten des Sicherheitsmoduls (z.B. Kondensatoren) gespeicherte Energiemenge ab. Bei Schaltvorgängen müssen diese Energiemengen auf- bzw. entladen werden. Folglich ergeben sich von der Eingangsspannung abhängige Werte für die Abschaltzeit für den Übergang in den Sicheren Zustand (STO) und die Toleranzzeit gegenüber OSSD-Signalen (Pufferzeit).

Die Anforderungen an das Zeitverhalten ergeben sich aus den technischen Daten im *Abschnitt 9.1.4*. Das Zeitverhalten selbst wird in *Abschnitt 4.4* beschrieben.

4.2.3.1 Diskrepanzzeit

Der Übergang zwischen sicherem und unsicherem Zustand wird durch Pegeländerungen an den Steuereingängen STO-A und STO-B des Sicherheitsmoduls SE-Power FS Safety Module STO eingeleitet. Gemäß Spezifikation der Sicherheitsfunktion müssen beide Pegel identisch sein, andernfalls wird eine Fehlermeldung generiert. Die Zustandsmaschine im Servopositionierregler überwacht intern die Treiberversorgungsspannungen als Folge der Ansteuerung der Steuereingänge. Diese Pegeländerungen erfolgen z.B. aufgrund von Bauteiltoleranzen oder prellenden Ausgängen von Sicherheitsteuerungen in der Regel nicht exakt gleichzeitig. Die Firmware toleriert dies, solange der zweite Eingang innerhalb einer definierten Zeit, der sog. Diskrepanzzeit, folgt. Wird diese überschritten, generiert der Servopositionierregler eine Fehlermeldung.

Es ist eine Diskrepanzzeit von 100 ms voreingestellt.
Empfehlung: Schalten Sie STO-A und STO-B immer gleichzeitig.

4.2.3.2 Testimpulse

Vorübergehende Testimpulse von Sicherheitssteuerungen werden toleriert, führen also nicht zur Anforderung der Funktion STO.

Die Toleranz gegenüber Testimpulsen von Sensoren mit OSSD-Signalen ist für den Betriebsbereich gemäß *Anhang 9.1.4*, *Tabelle 21* ausgelegt. Die zulässige Testimpulslänge ist abhängig von der Höhe der Steuerspannung an den Eingängen STO-A und STO-B.

Beispiel: Eingangsspannung für STO-A und STO-B = 24 V
➔ OSSD-Signale mit einer Testimpulslänge von 3,5 ms werden toleriert.

4.2.4 Rückmeldekontakt C1, C2 [X40]

Bei **nicht aktiver Funktion STO** ist der Rückmeldekontakt geöffnet. Dies ist z.B. der Fall wenn nur eine der beiden Steuerspannungen STO-A oder STO-B anliegt, bei abgeschalteter 24V Logikversorgungsspannung oder bei Ausfall der Versorgungsspannung.
Bei **aktiver Funktion STO** ist der Relaiskontakt geschlossen.



Der Rückmeldekontakt ist einkanalig ausgeführt und darf zu Diagnosezwecken, nicht aber im Sicherheitskreis verwendet werden.

Tabelle 22 in Abschnitt 9.1.4 beschreibt die elektrischen Daten, *Tabelle 21* das Zeitverhalten des Rückmeldekontakts. Beim Ein- und Ausschalten der 24 V-Versorgung des Grundgerätes kann der Schaltzustand des Relais aufgrund des unterschiedlich schnellen Hochlaufs der internen Versorgungsspannungen kurzzeitig (ca.100ms) vom Zustand der Steuereingänge STO-A und STO-B abweichen.

4.2.5 Hilfsversorgung 24V, 0V [X40]

Der Servopositionierregler SE-Power FS mit dem Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO stellt an [X40] eine 24V Hilfsversorgung zur Verfügung. Diese kann bei der Nutzung des Rückmeldekontaktes C1/C2 oder zur Versorgung externer aktiver Sensoren eingesetzt werden.



Tabelle 23 in Abschnitt 9.1.4 beschreibt die elektrischen Daten der Hilfsversorgung.

4.2.6 Statusanzeige

Zur Statusanzeige der Sicherheitsfunktion besitzt das Sicherheitsmodul eine LED auf der Frontseite, siehe *Abschnitt 7.4.1*.

Die Status LED zeigt den Betriebszustand des Moduls an (grün = STO nicht aktiv, gelb = STO aktiv). Die Anzeige entspricht dem Zustand des Rückmeldekontakts C1/C2.

4.2.7 DIP-Schalter

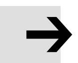
Auf der Frontseite des Sicherheitsmoduls befinden sich DIP-Schalter. Diese haben keine sicherheitsgerichtete Funktion. Die Bedeutung der einzelnen Schalter hängt von dem eingesetzten Technologiemodul zur Feldbuskommunikation ab. Mit Hilfe der DIP-Schalter kann die Feldbus-Kommunikation aktiviert/deaktiviert oder z.B. eine Teilnehmer-Adresse eingestellt werden.

4.3 Funktionalitäten im Grundgerät SE-Power FS

Die folgenden Funktionen im Grundgerät SE-Power FS sind nicht gemäß EN 61800-5-2 zertifiziert. Sie sind funktionale Ergänzungen und bieten zusätzliche Diagnosemöglichkeiten.

Vom Sicherheitsmodul erzeugte Fehlermeldungen, wie z. B. Überschreiten der Diskrepanzzeit, werden durch die nicht sicherheitsrelevante Zustandsmaschine des Servopositionierreglers erfasst und bewertet. Werden die Bedingungen für einen Fehlerstatus erkannt, wird eine Fehlermeldung generiert. In diesem Fall kann nicht unter allen Umständen gewährleistet sein, dass die Leistungsendstufe sicher abgeschaltet worden ist.

Das Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO steuert ausschließlich die Bereitstellung der Treiberversorgung für den Servopositionierregler SE-Power FS. Die Pegel der Eingangsspannung werden zwar bereichsweise überwacht, das Sicherheitsmodul verfügt jedoch nicht über eigene Fehlerbewertungsmechanismen und auch nicht über die Möglichkeit einer Fehleranzeige.



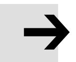
Hinweis

Beim Quittieren von Fehlermeldungen werden immer auch alle quittierbaren Fehler bzgl. der funktionalen Sicherheit quittiert ➔ *Abschnitt 7.4.2*.

Der Servopositionierregler SE-Power FS überwacht den Status der Steuereingänge STO-A und STO-B.

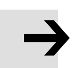
Dadurch wird die Anforderung der Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off) von der Firmware des Servopositionierreglers erkannt und nachfolgend verschiedene nicht sicherheitsgerichtete Funktionen ausgeführt:

- Erkennung der Abschaltung der Treiberversorgung für die Leistungshalbleiter durch das Sicherheitsmodul
- Abschaltung der Antriebsregelung und der Ansteuerung der Leistungshalbleiter (PWM)
- Die Haltebremsansteuerung wird abgeschaltet (wenn konfiguriert)
- Grundgeräteseitige Zustandsmaschine mit Bewertung der Ansteuerung (Diskrepanzzeit)
- Erkennung von anwendungsbezogenen Fehlerzuständen
- Diagnose der Hardware
- Status- und Fehleranzeige über Display, digitale Ausgänge, Feldbusse etc.



Hinweis

Die Ansteuerung einer Bremse erfolgt durch die nicht sicherheitsgerichtete Firmware des Servopositionierreglers.



Hinweis

Wird bei aktiver Endstufe einer der Steuereingänge STO-A oder STO-B deaktiviert, führt dies bei nicht angeschlossener Haltebremse zu einem ungebremsten Austrudeln des Antriebs.

Dies kann Schäden an der Maschine zur Folge haben. Der Anschluss einer Haltebremse an den Servopositionierregler wird deshalb empfohlen.



Bitte prüfen Sie, ob die von Ihnen verwendeten Motoren mit Haltebremse dafür ausgelegt sind, den Motor im Fehlerfall über die Haltebremse abzubremsen und still zu setzen.

Die Anforderung des sicheren Zustandes bei aktiver Ansteuerung der Leistungshalbleiter (PWM) ist möglich, führt aber zu einer quittierbaren Fehlermeldung. Im 10 ms-Zyklus wird der Status beider Treiberversorgungsspannungen erfasst und bewertet. Sind diese über einen längeren Zeitraum ungleich, wird eine Fehlermeldung ausgelöst ➔ *Abschnitt 7.4.2*. Die Sicherheitsfunktion setzt voraus, dass beide Signale den gleichen Status besitzen. Nur während einer Übergangszeit, der sog. „Diskrepanzzeit“, werden ungleiche Signale toleriert ➔ *Abschnitt 4.2.3*



Diese Zustandsmaschine im Servopositionierregler SE-Power FS hat parallel zu dem Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO einen eigenen Status. Aufgrund der Bewertung der Diskrepanzzeit erreicht diese Zustandsmaschine den „Sicheren Zustand" möglicherweise erst mit deutlicher Verzögerung. Entsprechend kann dieser Zustand auch erst mit deutlicher Verzögerung über digitale Ausgänge oder einen Feldbus signalisiert werden. Die Leistungsendstufe selbst ist dann schon „sicher abgeschaltet". Die Abarbeitung dieser Zustandsmaschine erfolgt im 10 ms Zyklus.

Damit ergibt sich insgesamt eine gestaffelte Reaktionsgeschwindigkeit gemäß *Tabelle 3*:

Funktion	Reaktionszeit	Reaktion
Schaltzeit von High auf Low	T_STO-A/B_OFF	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
Schaltzeit von Low auf High	T_STO-A/B_ON	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
Erfassung Ausfall Treiberversorgung	$t_{Reaktion} \leq 125\ \mu s$	Ansteuerung der Leistungshalbleiter (PWM) wird abgeschaltet
Haltebremse aktivieren	$t_{Reaktion} \leq 10\ ms$	Ansteuerung der Haltebremse nach Erfassung des Ausfalls der Treiberversorgung
Signalbewertung und Statusanzeige	$t_{Reaktion} \leq 10\ ms$	Zustandsübergänge in der internen Zustandsmaschine, ggf. Auslösen einer Fehlermeldung und Darstellung des Zustandes auf dem Display

Tabelle 3: Erfassungs- und Reaktionszeiten der Treiberversorgungsspannung



4.4 Zeitverhalten



Die Eingänge STO-A und STO-B sind funktional absolut gleichwertig, daher ist die Schaltreihenfolge von STO-A/STO-B in allen Diagrammen austauschbar.

4.4.1 Basis-Zeitverhalten STO

Abbildung 3 zeigt das Basis-Zeitverhalten des Sicherheitsmoduls. Die Zeitangaben finden Sie in *Tabelle 4*. :

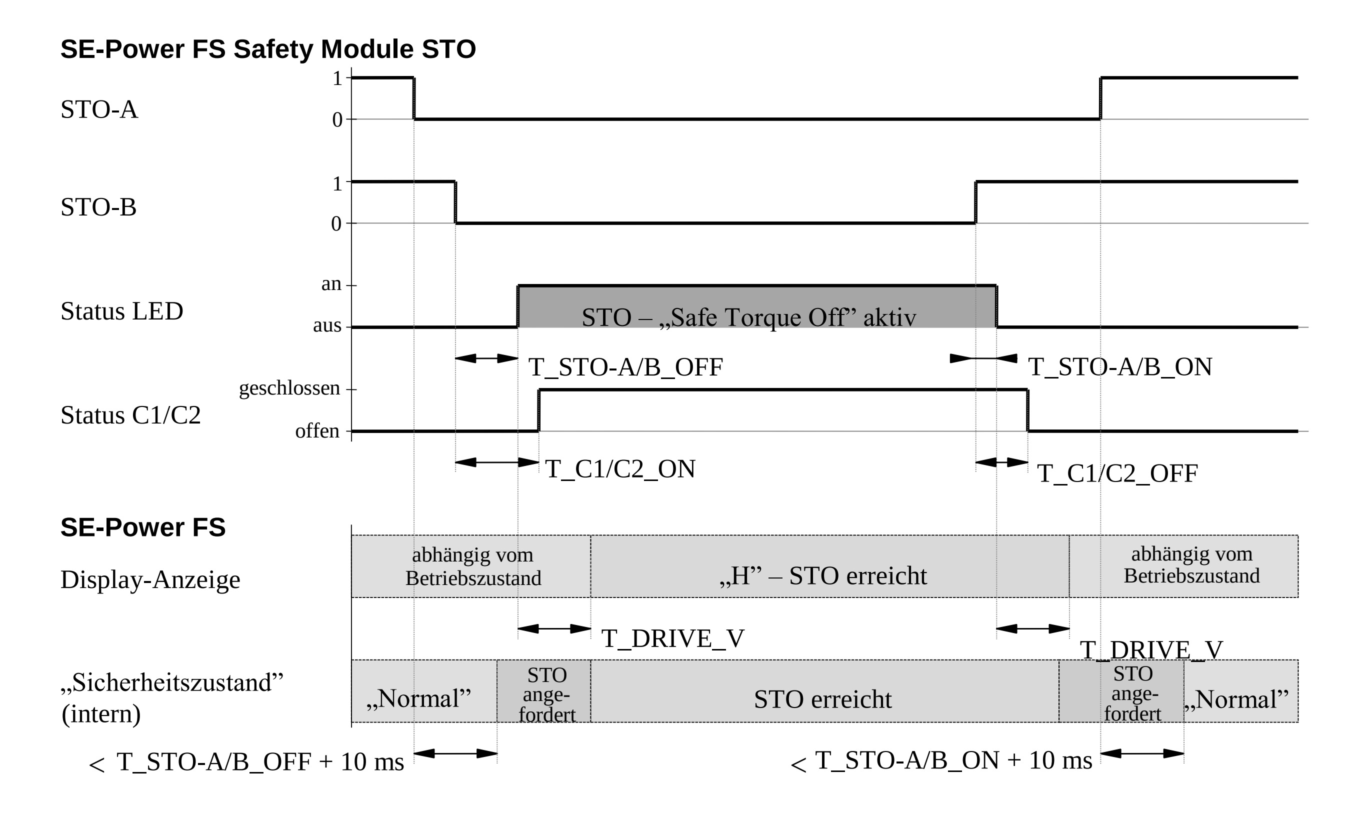


Abbildung 3: Basis-Zeitverhalten beim Aktivieren und Deaktivieren der Sicherheitsfunktion STO

Zeit	Beschreibung	Wert
T_STO-A/B_OFF	STO-A/B – Schaltzeit von High auf Low	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_STO-A/B_ON	STO-A/B – Schaltzeit von Low auf High	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_C1/C2_ON	C1/2 – Schaltzeit Schließen	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 22*
T_C1/C2_OFF	C1/2 – Schaltzeit Öffnen	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 22*
T_DRIVE_V	Verzögerung des SE-Power FS	0 … 10 ms

Tabelle 4: Zeitangaben zu *Abbildung 3*



4.4.2 Zeitverhalten Aktivierung STO im Betrieb mit Wiederanlauf

Abbildung 4 zeigt das Zeitverhalten ausgehend vom Wegschalten der Steuerspannung an STO-A/B sowie den erforderlichen Ablauf, um das Gerät wieder anlaufen zu lassen. Die Zeitangaben finden Sie in *Tabelle 5.* Hinweise:

- Die Haltebremsenansteuerung erfolgt über das Grundgerät, nicht sicherheitsgerichtet.
- Dargestellt ist das Austrudeln des Motors, unabhängig von Aktivierung/Deaktivierung der Bremse.
- Der Sollwert wird erst freigeschaltet, wenn die Haltebremsverzögerung T_BRAKE_V abgelaufen ist.
- Es wird ein Fehler ausgelöst, da die STO-Eingänge bei aktiver Endstufe deaktiviert werden.

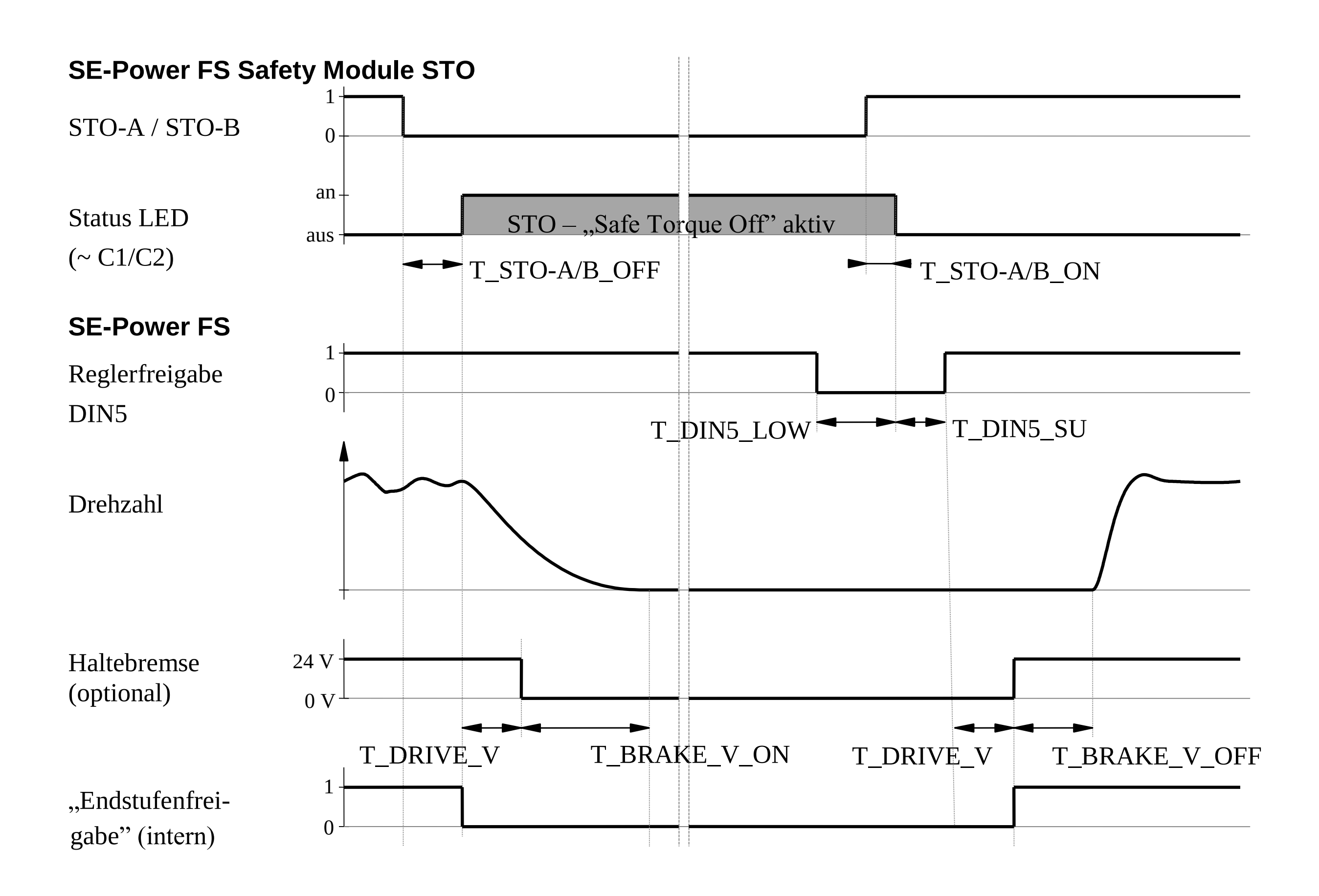


Abbildung 4: Zeitverhalten beim Aktivieren der Sicherheitsfunktion STO mit Wiederanlauf

Zeit	Beschreibung	Wert
T_STO-A/B_OFF	STO-A/B – Schaltzeit von High auf Low	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_STO-A/B_ON	STO-A/B – Schaltzeit von Low auf High	➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_DIN5_LOW	Zeit, die DIN5 Low sein muss, bevor STO-A/B wieder eingeschaltet wird	0 ms
T_DIN5_SU	Zeit, die DIN5 noch Low sein muss nach dem Wiedereinschalten von STO-A/B und Statuswechsel des STO-Moduls	> 20 ms
T_DRIVE_V	Verzögerung des SE-Power FS	0 … 10 ms
T_BRAKE_V_ON	Ausschaltverzögerung der Haltebremse	Abhängig von der Bremse [1]
T_BRAKE_V_OFF	Einschaltverzögerung der Haltebremse	Abhängig von der Bremse [2]

1) Physikalische Verzögerungszeit, bis die Bremse geschlossen ist.

2) Mindestzeit: Physikalische Verzögerungszeit bis die Bremse geöffnet ist. Diese Zeit kann durch größeren Wert im Regler parametriert werden.

Tabelle 5: Zeitangaben zu *Abbildung 4*



4.4.3 Zeitverhalten Aktivierung SS1 im Betrieb mit Wiederanlauf

Das Zeitverhalten in *Abbildung 5* basiert auf der Beispielschaltung für SS1 in *Abschnitt 5.3.2*, ausgehend vom Steuersignal S1 für K1. Die Zeitangaben finden Sie in *Tabelle 6*.

Sicherheitsschaltgerät

S1 — 1 / 0

K1 (→ DIN5) — geschlossen / offen

T_K1

K1_V (→ STO-A/STO-B) — geschlossen / offen

T_K1_V

SE-Power FS Safety Module STO

Status LED (~ C1/C2) — an / aus

STO – „Safe Torque Off"

T_STO-A/B_OFF

T_STO-A/B_ON

SE-Power FS

Reglerfreigabe DIN5 — 1 / 0

T_DRIVE_V

T_DIN5_SU

Drehzahl

Haltebremse (optional) — 24 V / 0 V

T_DRIVE_V

„Endstufenfreigabe (intern) — 1 / 0

T_BRAKE_V_ON

T_BRAKE_V_OFF

Abbildung 5: **Zeitverhalten beim Aktivieren der Sicherheitsfunktion SS1 (externe Beschaltung) mit Wiederanlauf**



Zeit	Beschreibung	Wert
T_K1	Verzögerungszeit zwischen dem Schalten von S1 und dem Schließen des unverzögerten Kontakts K1	→ Datenblatt des Sicherheitsschaltgeräts
T_K1_V	Verzögerungszeit zwischen S1 und dem Öffnen der rückfallverzögerten Kontakte K1	Am Sicherheitsschaltgerät einstellbar
T_STO-A/B_OFF	STO-A/B – Schaltzeit von High auf Low	→ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_STO-A/B_ON	STO-A/B – Schaltzeit von Low auf High	→ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*
T_DRIVE_V	Verzögerung des SE-Power FS	0 … 10 ms
T_DIN5_SU	Zeit, die DIN5 noch Low sein muss nach dem Wiedereinschalten von STO-A/B und Statuswechsel des STO-Moduls	> 20 ms
T_BRAKE_V_ON	Ausschaltverzögerung der Haltebremse	Abhängig von der Bremse [1)]
T_BRAKE_V_OFF	Einschaltverzögerung der Haltebremse	Abhängig von der Bremse [2)]
1) Physikalische Verzögerungszeit, bis die Bremse geschlossen ist. 2) Mindestzeit: Physikalische Verzögerungszeit bis die Bremse geöffnet ist. Diese Zeit kann durch größeren Wert im Regler parametriert werden.		

Tabelle 6: Zeitangaben zu *Abbildung 5*

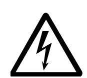


5 Montage und Installation

5.1 Montage / Demontage

Das Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO ist ausschließlich für die Integration in die Servopositionierregler SE-Power FS geeignet. Es kann nicht außerhalb des Servopositionierreglers betrieben werden.





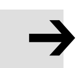
Warnung

Gefahr des elektrischen Schlags bei nicht montiertem Sicherheitsmodul.

Berühren von spannungsführenden Teilen führt zu schweren Verletzungen und kann zum Tod führen.

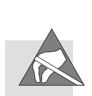
Vor Berührung spannungsführender Teile bei Wartungs-, Instandsetzungs- und Reinigungsarbeiten sowie bei langen Betriebsunterbrechungen:

1. Die elektrische Ausrüstung über den Hauptschalter spannungsfrei schalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
2. Nach dem Abschalten mindestens 5 Minuten Entladezeit abwarten und auf Spannungsfreiheit prüfen, bevor auf den Servopositionierregler zugegriffen wird.



Hinweis

Beschädigung des Sicherheitsmoduls oder des Servopositionierreglers durch unsachgemäße Handhabung.



- ❖ Vor Montage- und Installationsarbeiten Versorgungsspannungen ausschalten. Versorgungsspannungen erst dann einschalten, wenn Montage- und Installationsarbeiten vollständig abgeschlossen sind.
- ❖ Modul nie unter Spannung aus dem Servopositionierregler abziehen oder einstecken!
- ❖ Beachten Sie die Handhabungsvorschriften für elektrostatisch gefährdete Bauelemente. Berühren Sie nicht die Platine und die Pins der Anschlussleiste im Servopositionierregler. Greifen Sie das Sicherheitsmodul nur an der Frontplatte oder am Platinenrand.



5.1.1 Sicherheitsmodul montieren

1. Das SE-Power FS Safety Module STO in den leeren Steckplatz für Funktionale Sicherheitsmodule einführen, so dass die Platine in den seitlichen Führungen des Steckplatzes läuft.
2. Sicherheitsmodul einschieben, bei Erreichen der rückseitigen Steckerleiste innerhalb des Servopositionierreglers vorsichtig bis zum Anschlag in die Steckerleiste drücken.
3. Abschließend Sicherheitsmodul mit den beiden Schrauben an der Frontseite des Gehäuses des Servopositionierreglers anschrauben.

Ziehen Sie die Schrauben mit ca. 0,35 Nm an.

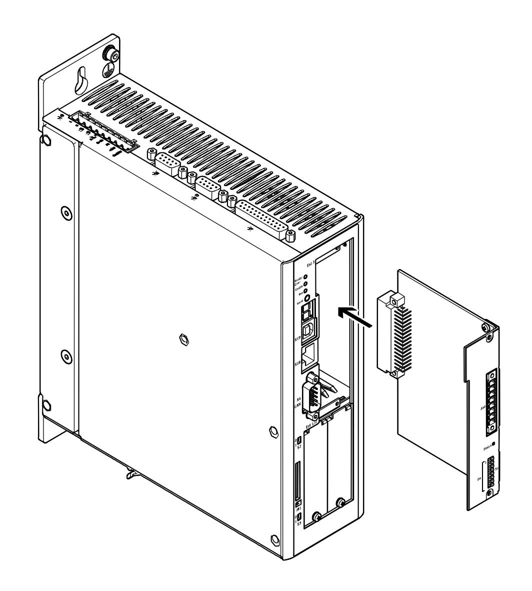


Abbildung 6: Montage / Demontage

5.1.2 Sicherheitsmodul demontieren

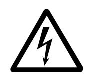
1. Schrauben am Sicherheitsmodul herausdrehen.
2. Sicherheitsmodul durch leichtes Hebeln an der Frontblende oder durch Ziehen am Gegenstecker um einige Millimeter lösen.
3. Sicherheitsmodul aus dem Steckplatz ziehen.

5.2 Elektrische Installation

5.2.1 Sicherheitshinweise

Bei der Installation müssen die Anforderungen der EN 60204-1 erfüllt werden.





Warnung

Gefahr des elektrischen Schlags bei Spannungsquellen ohne Schutzmaßnahmen.

- ❖ Verwenden Sie für die elektrische Logikversorgung ausschließlich PELV-Stromkreise nach EN 60204-1 (Protective Extra-Low Voltage, PELV). Berücksichtigen Sie zusätzlich die allgemeinen Anforderungen an PELV-Stromkreise gemäß der EN 60204-1.
- ❖ Verwenden Sie ausschließlich Stromquellen, die eine sichere elektrische Trennung der Betriebsspannung nach EN 60204-1 gewährleisten.

Durch die Verwendung von PELV-Stromkreisen wird der Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutz gegen direktes und indirektes Berühren) nach EN 60204-1 sichergestellt (Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Allgemeine Anforderungen). Das im System verwendete 24 V-Netzteil muss den Anforderungen der EN 60204-1 für Gleichstromversorgungen genügen (Verhalten bei Spannungsunterbrechungen, etc.).

Der Anschluss der Kabel erfolgt an einem Stecker, dies erleichtert den Austausch des Sicherheitsmoduls.



Stellen Sie sicher, dass keine Brücken o. ä. parallel zur Sicherheitsverdrahtung eingesetzt werden können, z.B. durch Verwendung des maximalen Aderquerschnitts von 1,5 mm² oder geeigneter Aderendhülsen mit Isolierkragen.

Verwenden Sie zum Durchschleifen von Leitungen zwischen benachbarten Geräten Zwillings-Aderendhülsen.

5.2.2 ESD-Schutz

An nicht belegten Steckverbindern besteht die Gefahr, dass durch ESD (electrostatic discharge) Schäden am Gerät oder anderen Anlagenteilen entstehen. Erden Sie die Anlagenteile vor der Installation und verwenden Sie geeignete ESD Ausrüstung (z.B. Schuhe, Erdungsbänder etc.).

5.2.3 Anschluss [X40]

Das SE-Power FS Safety Module STO besitzt eine kombinierte Schnittstelle für Steuerung und Rückmeldung über den Steckverbinder [X40].

- Ausführung am Gerät: PHOENIX MINICOMBICON MC 1,5/8-GF-3,81 BK
- Stecker (im Lieferumfang): PHOENIX MINICOMBICON MC 1,5/8-STF-3,81 BK, Anschluss entsprechend *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 25*.

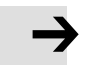
Stecker	Pin	Bezeichnung	Wert	Beschreibung
8 1	8	0V	0 V	Bezugspotential für Hilfsversorgungsspannung.
	7	24V	+24 V DC	Hilfsversorgungsspannung (24 V DC Logikversorgung des Servopositionierreglers herausgeführt).
	6	C2	–	Rückmeldekontakt für den Zustand „STO“ an eine externe Steuerung.
	5	C1		
	4	0V-B	0 V	Bezugspotential für STO-B.
	3	STO-B	0 V / 24 V	Steuereingang B für die Funktion STO.
	2	0V-A	0 V	Bezugspotential für STO-A.
	1	STO-A	0 V / 24 V	Steuereingang A für die Funktion STO.

Tabelle 7: Steckerbelegung [X40]

Zur Sicherstellung der Funktion STO „Safe Torque Off“ sind die Steuereingänge STO-A und STO-B zweikanalig in Parallelverdrahtung anzuschließen, siehe *Abschnitt 5.3.1, Abbildung 7*. Diese Anschaltung kann z. B. Teil eines Not-Halt-Kreises oder einer Schutztür-Anordnung sein.

5.2.4 Mindestbeschaltung für die Erstinbetriebnahme [X40]

Falls zur Erstinbetriebnahme des Servopositionierreglers (noch) keine sicherheitsgerichtete Anschaltung vorliegt, kann der Servopositionierregler SE-Power FS mit dem Sicherheitsmodul SE-Power FS Safety Module STO mit einer Mindestbeschaltung entsprechend *Abbildung 7* mit einem Not-Halt-Schalter (2) erfolgen.



Hinweis

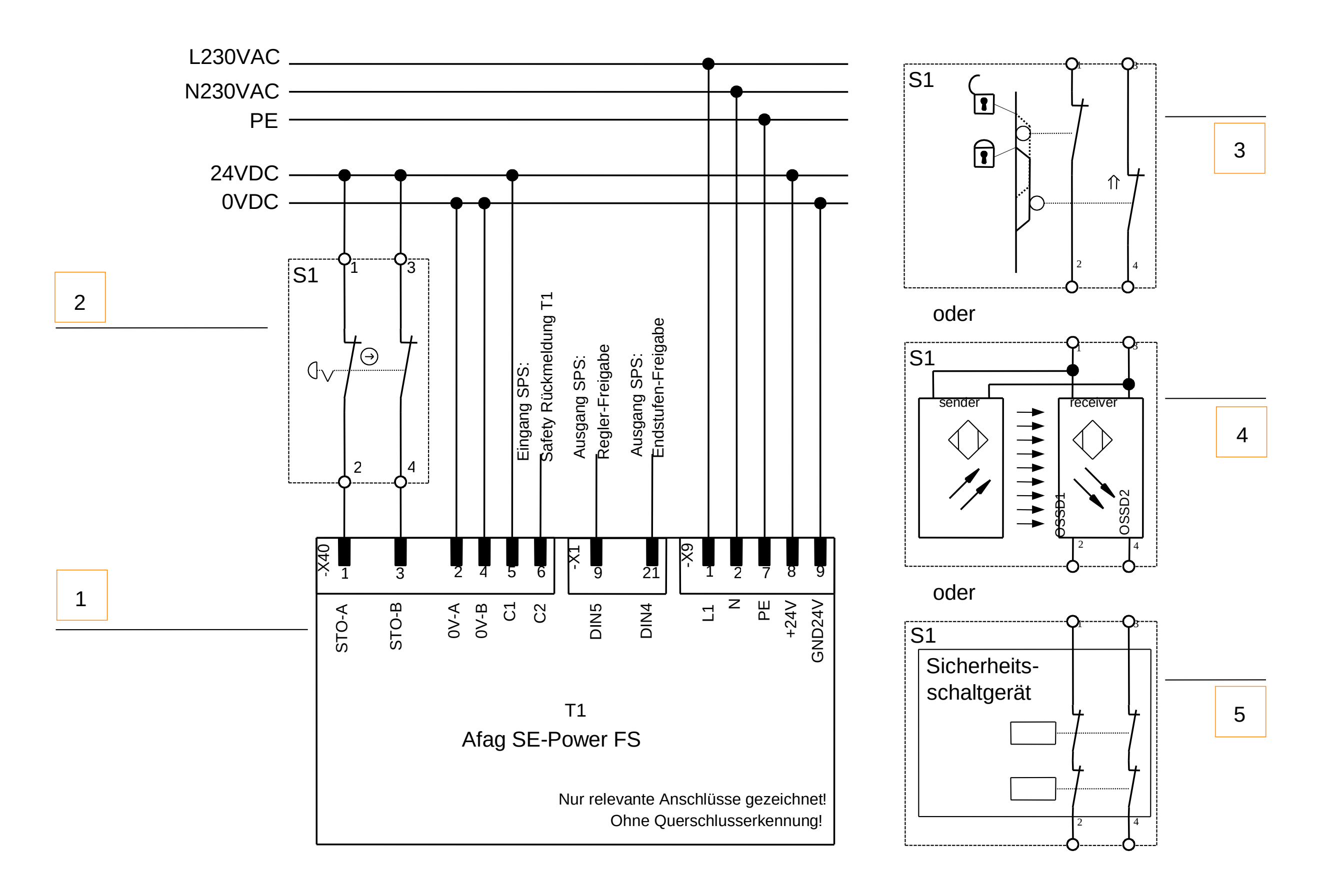
Sicherheitsfunktionen dürfen nie überbrückt werden.

Führen Sie Mindestbeschaltungen der Eingänge STO-A/STO-B und 0V-A/0V-B für die Erstinbetriebnahme so aus, dass diese zwangsweise entfernt werden müssen, wenn die endgültige Sicherheitsbeschaltung erfolgt.



5.3 Schaltungsbeispiele

5.3.1 Sichere Momentabschaltung (STO, „Safe Torque Off“)



1 Servopositionierregler mit Sicherheitsmodul (nur relevante Anschlüsse dargestellt)

2 Not-Halt-Schalter

3 Schutztür

4 Lichtgitter

5 Sicherheitsschaltgerät

Abbildung 7: Anschluss des SE-Power FS Safety Modul STO, Beispiel einphasiger Servopositionierregler SE-Power FS

Die Sicherheitsfunktion „Sicher abgeschaltetes Moment“ (STO) kann durch verschiedene Geräte angefordert werden. Der Schalter S1 kann z.B. ein Not-Halt-Schalter, ein Schutztür-Schalter, ein Lichtgitter oder ein Sicherheitsschaltgerät sein. Die Sicherheitsanforderung erfolgt 2-kanalig über den Schalter S1 und führt zum 2-kanaligen Abschalten der Endstufe. Ist die Abschaltung der Endstufe erfolgt, wird dies durch den potentialfreien Kontakt C1/C2 ausgegeben.

Hinweise zum Schaltungsbeispiel:

- Im Servopositionierregler mit Sicherheitsmodul ist keine Querschlusserkennung integriert.
  Bei der direkten Verdrahtung von Lichtgittern erfolgt die Querschlusserkennung durch das Lichtgitter, sofern dieses dafür ausgelegt ist.
- Bei der Verwendung von Sicherheitsschaltgeräten kann der Kontakt C1, C2 in den Rückführkreis des Sicherheitsschaltgeräts integriert werden.
- Das Schaltungsbeispiel weist eine 2-kanalige Struktur auf, die für Kategorie 3 und 4 mit zusätzlichen Maßnahmen geeignet ist.
- Welche zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind, hängt vom Anwendungsbereich und Sicherheitskonzept der Maschine ab.

5.3.2 Verzögern und sichere Momentabschaltung (SS1, „Safe Stop 1“)

1 Servopositionierregler mit Sicherheitsmodul (nur relevante Anschlüsse dargestellt)

2 Sicherheitsschaltgerät

3 Lichtgitter

4 Schutztür

5 Not-Halt-Schalter

Abbildung 8: Schaltungsbeispiel „Verzögern und sichere Momentabschaltung“ (SS1, „Safe Stop 1“), Beispiel einphasiger Servopositionierregler SE-Power FS

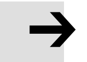


Die Sicherheitsfunktion „Sicherer Stopp 1“ (SS1, Typ C) kann durch verschiedene Geräte angefordert werden ➔ *Abbildung 8*. Der Schalter S1 in *Abbildung 8* kann z.B. ein Not-Halt-Schalter, ein Schutztür-Schalter oder ein Lichtgitter sein. Die Sicherheitsanforderung erfolgt 2-kanalig über den Schalter S1 und zum Sicherheitsschaltgerät. Das Sicherheitsschaltgerät schaltet die Reglerfreigabe ab. Wird die Reglerfreigabe des Servopositionierreglers abgeschaltet, wird automatisch die Bewegung verzögert, bei konfigurierter Bremse auf die Aktivierung der Bremse gewartet und anschließend der Regelkreis abgeschaltet. Nach einer im Sicherheitsschaltgerät eingestellten Zeit wird die Endstufe 2-kanalig über STO-A/B abgeschaltet. Ist die Abschaltung der Endstufe erfolgt, wird dies durch den potentialfreien Kontakt C1-C2 ausgegeben.

Hinweise zum Schaltungsbeispiel:

- Das verwendete Sicherheitsschaltgerät muss die Regler-Freigabe (X1-9, DIN5) ohne Zeitverzögerung abschalten und mit einer Zeitverzögerung die Eingänge STO-A und STO-B (X40-1, -3).
- Die erforderliche Zeitverzögerung ist abhängig von der Anwendung und muss anwendungsspezifisch bestimmt werden. Die Zeitverzögerung ist so auszulegen, dass der Antrieb auch bei höchster Geschwindigkeit über die Schnellhaltrampe im SE-Power FS auf null abgebremst ist, bevor STO-A/B abgeschaltet werden.
- Die elektrische Installation ist entsprechend den Anforderungen der EN 60204-1 erfolgt. Z.B. befinden sich das Sicherheitsschaltgerät und der Servopositionierregler im gleichen Schaltschrank, so dass ein Fehlerausschluss für ein Quer- bzw. Erdschluss zwischen den Leitungen angenommen werden kann (Abnahmeprüfung des Schaltschranks auf fehlerfreie Verdrahtung).
- Das Schaltungsbeispiel weist eine 2-kanalige Struktur auf, die für Kategorie 3 und 4 mit zusätzlichen Maßnahmen geeignet ist.
- Welche zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind, hängt vom Anwendungsbereich und Sicherheitskonzept der Maschine ab.

6 Inbetriebnahme

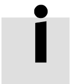


Hinweis

Verlust der Sicherheitsfunktion!

Fehlende Sicherheitsfunktion kann zu schweren irreversiblen Verletzungen führen, z. B. durch ungewollte Bewegungen der angeschlossenen Aktorik.

- ❖ Sicherheitsmodul nur betreiben:
  - in eingebautem Zustand und
  - wenn alle Schutzmaßnahmen eingeleitet sind.
- ❖ Sicherheitsfunktion zum Abschluss der Inbetriebnahme validieren ➔ *Abschnitt 6.4*.



Falsche Verdrahtung, Verwendung eines falschen Sicherheitsmoduls oder externer Bauteile, die nicht entsprechend der Sicherheitskategorie ausgewählt wurden, führen zu Verlust der Sicherheitsfunktion.

- Führen Sie eine Risikobeurteilung für Ihre Applikation durch und wählen Sie die Beschaltung und die Bauteile entsprechend aus.

- Beachten Sie die Beispiele ➔ *Abschnitt 5.3*.

6.1 Vor der Inbetriebnahme

Führen Sie folgende Schritte zur Vorbereitung der Inbetriebnahme durch:

1. Sicherstellen, dass das Sicherheitsmodul korrekt montiert ist (siehe *Abschnitt 5.1*).
2. Elektrische Installation prüfen (Anschlusskabel, Kontaktbelegung, siehe *Abschnitt 5.2*). Alle PE-Schutzleiter angeschlossen?

6.2 DIP-Schaltereinstellung

Auf dem Sicherheitsmodul befinden sich DIP-Schalter zur Aktivierung und Steuerung der Feldbuskonfiguration.

Die Funktionalität der DIP-Schalter ist abhängig von der verwendeten Feldbus-Schnittstelle.



Stellen Sie die DIP-Schalter ein wie in der Dokumentation zu den Servopositionierreglern SE-Power FS oder den feldbusspezifischen Produkthandbüchern beschrieben, siehe *1.1 Dokumentation*.

6.3 Parametrierung mit dem Afag SE-Commander

Für die Funktionale Sicherheit besteht die Anforderung an eine Nachvollziehbarkeit von Änderungen. Um dies sicherstellen zu können, werden auf dem integrierten Funktionalen SE-Power FS Safety Module Angaben zum Modultyp, zur Seriennummer und zur Revision gespeichert. Im Grundgerät SE-Power FS werden seinerseits diese Daten als Vergleichswerte abgelegt. Dadurch kann eine Änderung an den Komponenten erkannt werden.

Bei der Erkennung einer Änderung, z.B. einem Modultausch, wird ein nicht quittierbarer Fehler ausgelöst. Um die Applikation mit dem Servopositionierregler wieder in Betrieb setzen zu können, muss die Änderung „projektiert“ werden. Das bedeutet, dass die Änderung explizit übernommen bzw. bestätigt wird. In Bezug auf die integrierten Funktionalen SE-Power FS Safety Module STO und SE-Power FS Safety Module MOV (in Vorbereitung) handelt es sich bei diesen nachvollziehbaren Änderungen um einen Modultausch.

Die Projektierung erfolgt im Fenster **Sicherheitsmodul** des Afag SE-Commander, siehe *Abschnitt 6.3.3 Fenster „Sicherheitsmodul“*.

Die Parametriersoftware Afag SE-Commander wurde für den Betrieb der Servopositionierregler-Familie SE-Power FS mit integriertem Funktionalem Sicherheitsmodul erweitert.

Die wesentlichen Ergänzungen sind:

- Anzeige des Typs des integrierten Funktionalen SE-Power FS Safety Module
- Statusanzeige der Zustandsmaschine der Firmware des Grundgerätes SE-Power FS
- Funktionen zur Projektierung der Kombination aus integriertem Funktionalem SE-Power FS Safety Module und Servopositionierregler SE-Power FS
- Unterstützung der spezifizierten Warn- und Fehlermeldungen



Das integrierte Funktionale SE-Power FS Safety Module STO selbst erfordert keine Parametrierung.

Menüleiste
Symbolleiste
Statusfenster
Statusanzeige der Zustandsmaschine
Hauptbildschirm
Statusleiste
Typanzeige des Reglers
Typanzeige des Sicherheitsmoduls

Abbildung 9: Typanzeige des Sicherheitsmoduls und erweitertes Status-Fenster

6.3.1 Typanzeige Regler und Sicherheitsmodul

Am unteren Rand des SE-Commander-Hauptbildschirms befindet sich die **Statusleiste**. Hier werden der Regler Typ und der Typ des integrierten Funktionalen SE-Power FS Safety Module angezeigt, siehe *Abbildung 9.*

Zusätzlich werden Typ, Seriennummer und Revision im Fenster **Sicherheitsmodul** angezeigt, siehe *Abschnitt 6.3.2 Statusanzeige der Zustandsmaschine*.



6.3.2 Statusanzeige der Zustandsmaschine

Das **Statusfenster** (permanent angezeigtes Fenster im Online-Modus) wurde um die **Statusanzeige der Zustandsmaschine** erweitert. Hier wird der Status der Funktionalen Sicherheit in der Firmware des Grundgerätes SE-Power FS angezeigt, siehe *Abbildung 9.*

Dabei handelt es sich nicht um eine Darstellung des Status des SE-Power FS Safety Module STO selbst. Hier wird der Status der Zustandsmaschine im SE-Power FS angezeigt, der sich aus der Auswertung der Treiberversorgungsspannungen vom SE-Power FS Safety Module STO ergibt. Unabhängig von der Anzeige kann die Leistungsendstufe des SE-Power FS durch das Funktionale SE-Power FS Safety Module STO bereits sicher abgeschaltet sein, siehe auch *Abschnitt 6.3.3.3 Status-LEDs.*

Der Status der internen Zustandsmaschine wird außerdem im Fenster **Sicherheitsmodul** angezeigt, siehe *Abschnitt 6.3.3 Fenster „Sicherheitsmodul“.*

6.3.3 Fenster „Sicherheitsmodul“

Für den Betrieb der Servopositionierregler SE-Power FS mit integriertem Funktionalem Sicherheitsmodul wurde die Parametriersoftware Afag SE-Commander um das Fenster **Sicherheitsmodul** ergänzt.

Dieses Fenster wird entweder über den Menüpunkt **Parameter – Funktionale Sicherheit - Sicherheitsmodul** oder über die Schaltfläche **Safety** in der Symbolleiste für den Schnellzugriff unterhalb der Menüleiste geöffnet, siehe *Abbildung 10.*

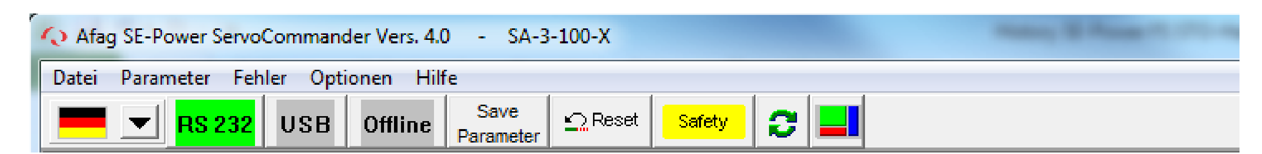
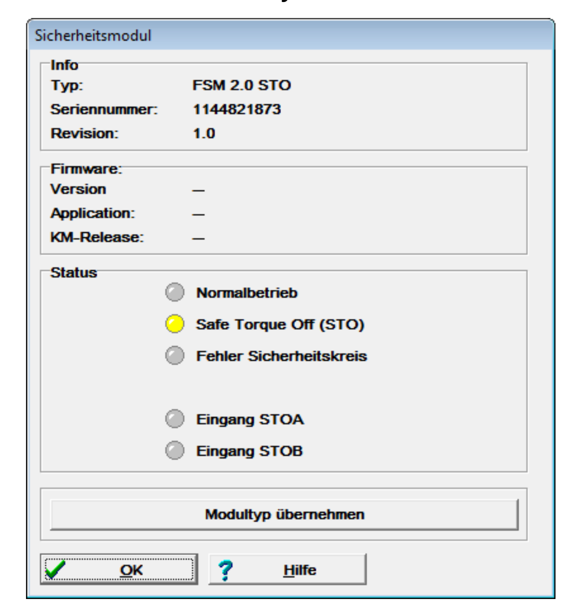


Abbildung 10: Symbolleiste für Schnellzugriff mit der Schaltfläche „Safety“

Um die Bedeutung im Hinblick auf Funktionale Sicherheit zu unterstreichen, ist die Schaltfläche **Safety** gelb gefärbt.



Die Darstellung des Fensters **Sicherheitsmodul** ist abhängig von dem jeweils integrierten Funktionalen Sicherheitsmodul. *Abbildung 11* zeigt dies am Beispiel der beiden Modultypen SE-Power FS Safety Module STO und SE-Power FS Safety Module MOV (in Vorbereitung).



(MOV ist in Vorbereitung)

Abbildung 11: Fenster Sicherheitsmodul STO (links) und MOV (rechts)

Das Fenster „Sicherheitsmodul" ist in verschiedene Bereiche unterteilt:

6.3.3.1 Info

In diesem Feld werden die Gerätedaten angezeigt, die bei der werksseitigen Inbetriebnahme auf dem Funktionalen Sicherheitsmodul abgespeichert wurden:

- Typ:

  Genaue Typbezeichnung, z.B. „FSM 2.0 – STO"

- Seriennummer:

  Die Seriennummer wird bei der Produktion vergeben und auf dem Modul abgespeichert. Sie ist eindeutig für ein Produkt des jeweiligen Typs.

- Revision:

  Revisionsnummer der Hardware

6.3.3.2 Firmware

Auf dem Funktionalen SE-Power FS Safety Module STO befindet sich keine Firmware. Dieses Feld enthält daher für diesen Modultyp keine Information.



6.3.3.3 Status-LEDs

Die oberen drei LEDs bilden den Status der Zustandsmaschine innerhalb des Grundgerätes SE-Power FS ab, siehe *Tabelle 8.* Der Status wird über Kommunikationsobjekte aus dem SE-Power FS gelesen und angezeigt.

Die unteren beiden LEDs zeigen den Status der Treiberversorgungsspannungen an.

Statusanzeige	Bedeutung	Zustand
○ Normalbetrieb ○ Safe Torque Off (STO) ○ Fehler Sicherheitskreis	Alle LEDs Aus: Das Funktionale Sicherheitsmodul ist nicht initialisiert / nicht betriebsbereit.	--
○ Normalbetrieb ○ Safe Torque Off (STO) ○ Fehler Sicherheitskreis	Normalbetrieb, d.h. „nicht sicherer Zustand“. Das Sicherheitsmodul FSM 2.0 – STO ist fehlerfrei initialisiert und betriebsbereit.	Z2, Z3
○ Normalbetrieb ○ Safe Torque Off (STO) ○ Fehler Sicherheitskreis	„Sicherer Zustand“ SAFE TORQUE OFF, d.h. die Leistungsendstufe des SE-Power FS ist sicher abgeschaltet.	Z1
○ Normalbetrieb ○ Safe Torque Off (STO) ○ Fehler Sicherheitskreis	Sicherheitsbedingungen sind verletzt. Der erfasste Status der beiden Treiberversorgungsspannungen entspricht keinem als gültig definierten Zustand. Die PWM wurde deaktiviert, die Leistungsendstufe ist nicht sicher abgeschaltet, d.h. es liegt ein „nicht sicherer Zustand“ vor.	Z4

Tabelle 8: Bedeutung der LEDs zur Statusanzeige im Fenster „Sicherheitsmodul“

6.3.3.4 Modultyp übernehmen

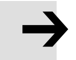
Im unteren Bereich des Fensters **Sicherheitsmodul** befindet sich Schaltfläche **Modultyp übernehmen**:



Diese Schaltfläche muss betätigt werden, um einen Modultausch zu bestätigen. Damit wird die integrierte Funktionale Sicherheit parametriert bzw. projektiert. Eine bis dahin anstehende Fehlermeldung aufgrund eines getauschten Modultyps wird anschließend nach Speichern und Reset nicht mehr generiert



6.4 Funktionstest, Validierung



Hinweis

Die Funktion STO muss nach der Installation und nach Veränderungen der Installation validiert werden.

Diese Validierung ist vom Inbetriebnehmer zu dokumentieren. Als Hilfe für die Inbetriebnahme sind nachfolgend in Form von Beispiel-Checklisten Fragen zur Risikominderung zusammengestellt.



Die folgenden Checklisten ersetzen keine sicherheitstechnische Ausbildung.
Für die Vollständigkeit der Checklisten kann keine Gewähr übernommen werden.

Nr.	Fragen	Trifft zu		Erledigt
1.	Wurden alle Betriebsbedingungen und alle Eingriffsverfahren berücksichtigt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
2.	Wurde die „3-Stufen-Methode“ zur Risikominderung angewendet, d. h. 1. Inhärent sichere Konstruktion, 2. Technische und evtl. ergänzende Schutzmaßnahmen, 3. Benutzerinformation über das Restrisiko?	Ja ☐	Nein ☐	☐
3.	Wurden die Gefährdungen beseitigt oder die Risiken der Gefährdungen soweit vermindert, wie dies praktisch umsetzbar ist?	Ja ☐	Nein ☐	☐
4.	Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Maßnahmen nicht neue Gefährdungen schaffen?	Ja ☐	Nein ☐	☐
5.	Sind die Benutzer hinsichtlich der Restrisiken ausreichend informiert und gewarnt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
6.	Ist sichergestellt, dass die Arbeitsbedingungen der Bedienpersonen durch die ergriffenen Schutzmaßnahmen nicht verschlechtert worden sind?	Ja ☐	Nein ☐	☐
7.	Sind die durchgeführten Schutzmaßnahmen miteinander vereinbar?	Ja ☐	Nein ☐	☐
8.	Wurden die Folgen ausreichend berücksichtigt, die durch den Gebrauch einer für gewerbliche/industrielle Zwecke konstruierten Maschine beim Gebrauch im nicht gewerblichen/nicht industriellen Bereich entstehen können?	Ja ☐	Nein ☐	☐
9.	Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Maßnahmen die Fähigkeit der Maschine zur Erfüllung ihrer Funktion nicht übermäßig beeinträchtigen?	Ja ☐	Nein ☐	☐

Tabelle 9: Fragen für die Validierung nach EN ISO 12100-1:2010 (Beispiel)

Nr.	Fragen	Trifft zu		Erledigt
1.	Wurde eine Risikobeurteilung durchgeführt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
2.	Wurden eine Fehlerliste und ein Validierungsplan erstellt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
3.	Wurde der Validierungsplan, inkl. Analyse und Prüfung, abgearbeitet und ein Validierungsbericht erstellt? Es müssen zumindest folgende Prüfungen im Rahmen der Validierung erfolgen:	Ja ☐	Nein ☐	☐
	a) Überprüfung der Komponenten: Wird der SE-Power FS mit dem Sicherheitsmodul FSM 2.0 – STO verwendet (Prüfung anhand der Typenschilder)	Ja ☐	Nein ☐	☐
	b) Ist die Verdrahtung korrekt (Überprüfung anhand des Schaltplans)?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Wurden etwaige Kurzschlussbrücken entfernt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Ist ein Sicherheitsschaltgerät an X40 verdrahtet worden?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Ist das Sicherheitsschaltgerät entsprechend den Anforderungen der Anwendung zertifiziert und verdrahtet?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	c) Funktionsprüfungen:	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Betätigung des Not-Halts der Anlage. Wird der Antrieb stillgesetzt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Wird nur STO-A aktiviert – wird der Antrieb sofort stillgesetzt und wird nach Ablauf der Diskrepanzzeit der Fehler "Diskrepanzzeitverletzung" (Anzeige 52-1) im SE-Power FS gemeldet?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Wird nur STO-B aktiviert – wird der Antrieb sofort stillgesetzt und wird nach Ablauf der Diskrepanzzeit der Fehler "Diskrepanzzeitverletzung" (Anzeige 52-1) im SE-Power FS gemeldet?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Wird ein Kurzschluss zwischen STO-A und STO-B erkannt oder ist ein geeigneter Fehlerausschluss definiert?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Nur bei Verwendung eines Sicherheitsschaltgerätes mit Auswertung des Rückmeldekontaktes C1/C2: Wird bei Kurzschluss von C1 nach C2 der Antrieb stillgesetzt?	Ja ☐	Nein ☐	☐
	– Ist der Wiederanlauf verhindert? D. h. bei betätigtem Not-Halt und aktiven Enable-Signalen wird ohne vorherige Quittierung bei einem Start-Befehl keine Bewegung erfolgen.	Ja ☐	Nein ☐	☐

Tabelle 10: Fragen für die Validierung nach EN ISO 13849-1 und -2 (Beispiel)



7 Bedienung und Betrieb

7.1 Verpflichtungen des Betreibers

Die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtung ist in angemessenen Zeitabständen zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Betreibers, die Art der Überprüfung und die Zeitabstände im genannten Zeitraum zu wählen. Die Prüfung ist so durchzuführen, dass die einwandfreie Funktion der Sicherheitseinrichtung im Zusammenwirken aller Komponenten nachgewiesen wird.

7.2 Wartung und Pflege

Das Sicherheitsmodul ist wartungsfrei.

7.3 Schutzfunktionen

7.3.1 Spannungsüberwachung

Die Eingangsspannungen an STO-A und STO-B werden überwacht. Bei zu geringer oder hoher Eingangsspannung an STO-A oder STO-B wird die Treiberversorgung für die Leistungshalbleiter des Servopositionierreglers sicher abgeschaltet. Die Leistungsendstufe (PWM) wird dadurch abgeschaltet.

7.3.2 Überspannungs- und Verpolschutz

Die Steuereingänge STO-A und STO-B sind gegen Überspannungen und gegen Verpolung der Steuerspannung geschützt ➔ *Abschnitt 9.1.4, Tabelle 20*.

Die an [X40] herausgeführte 24VDC Versorgungsspannung des Servopositionierreglers ist kurzschlussfest.

7.4 Diagnose und Störungsbeseitigung

7.4.1 Zustandsanzeige

7.4.1.1 Anzeige am Sicherheitsmodul

Der Betriebszustand wird direkt an der zweifarbigen LED des Sicherheitsmoduls angezeigt.

LED	Zustand	Beschreibung
Aus	Nicht sicher = Zustand STO nicht aktiv	Sicherheitsmodul oder Servopositionierregler hat keine Betriebsspannung.
Grün	Nicht sicher = Zustand STO nicht aktiv	Die Leistungsendstufe im Servopositionierregler für die Speisung des Motors kann aktiv oder inaktiv sein.
Gelb	Sicher = Zustand STO aktiv	Die Leistungsendstufe im Servopositionierregler für die Speisung des Motors ist sicher abgeschaltet.

Tabelle 11: LED-Anzeige am Sicherheitsmodul

7.4.1.2 Anzeige am Servopositionierregler

Anzeige	Beschreibung
	„H“: Der Servopositionierregler befindet sich im „Sicheren Zustand“. Dies ist nicht gleichbedeutend mit der Information über den Status der Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off). Dies kann nur an der LED des Sicherheitsmoduls abgelesen werden. Für den „unsicheren Zustand“ ist keine spezielle Anzeige vorgesehen, es werden die normalen Statusanzeigen des Servopositionierreglers dargestellt.

Tabelle 12: Sieben-Segment-Anzeige am Servopositionierregler

7.4.2 Störungsmeldungen

Wenn ein Fehler auftritt, zeigt der Servopositionierregler eine Fehlermeldung zyklisch in der Sieben-Segment-Anzeige auf der Frontseite des Servopositionierreglers an. Die Fehlermeldung setzt sich aus einem „E“ (für Error), einem Hauptindex (xx) und ein Subindex (y) zusammen, z. B.: E 5 1 0. Warnungen haben die gleiche Nummer wie eine Fehlermeldung. Im Unterschied dazu erscheint aber eine Warnung durch einen vorangestellten und nachgestellten Mittelbalken, z.B. - 1 7 0 -. In *Tabelle 13* sind die für die funktionale Sicherheit im Zusammenhang mit dem SE-Power FS Safety Module STO relevanten Fehlermeldungen aufgelistet.



Weitere Informationen zu anderen Fehlermeldungen finden Sie in der zugehörigen Dokumentation, z.B. den jeweiligen Produkthandbüchern, dem Softwarehandbuch oder den feldbusspezifischen Produkthandbüchern. Siehe *1.1 Dokumentation*.



Im Falle einer nicht quittierbaren Fehlermeldung müssen Sie die Ursache gemäß den empfohlenen Maßnahmen zunächst beseitigen. Führen Sie danach einen Reset des Servopositionierreglers durch und prüfen Sie, ob die Fehlerursache und damit die Fehlermeldung beseitigt sind.

Fehlermeldung		**Bedeutung**	**Maßnahmen**
Haupt-index	**Sub-index**		
51 [1)]	0	Kein / unbekanntes Sicherheitsmodul – Kein Sicherheitsmodul erkannt bzw. unbekannter Modultyp	❖ Für die Firmware und Hardware geeignetes Sicherheits-Modul einbauen. ❖ Eine für das Sicherheits- oder Feldbus Aktivierungs-Modul geeignete Firmware laden, vgl. Typenbezeichnung auf dem Modul.
	1	Sicherheitsmodul: Treiberversorgung fehlerhaft – Interner Spannungsfehler des Sicherheitsmoduls	❖ Modul vermutlich defekt. Falls möglich mit einem anderen Modul tauschen.
	2	Sicherheitsmodul: Ungleicher Modultyp – Typ oder Revision des Moduls passt nicht zur Projektierung	❖ Bei Modultausch: Modultyp noch nicht projektiert. Aktuell eingebautes Sicherheits- Modul als akzeptiert übernehmen, siehe *Abschnitt 6.3.3*.
	3	Sicherheitsmodul: Ungleiche Modulversion – Typ oder Revision des Moduls wird nicht unterstützt	❖ Für die Firmware und Hardware geeignetes Sicherheits- Modul einbauen. ❖ Eine für das Modul geeignete Firmware laden, vergleiche Typenbezeichnung auf dem Modul.
52	1	Sicherheitsmodul: Diskrepanzzeit abgelaufen	❖ Steuereingänge STO-A und STO-B werden nicht gleichzeitig betätigt. ❖ Steuereingänge STO-A und STO-B sind nicht gleichsinnig beschaltet. ❖ Diskrepanzzeit prüfen.
	2	Sicherheitsmodul: Ausfall Treiberversorgung bei aktiver PWM-Ansteuerung	❖ Der sichere Zustand wurde bei freigegebener Leistungsendstufe angefordert. Einbindung in die sicherheitsgerichtete Anschaltung prüfen.
1) Die Meldungen der Fehlergruppe 51 sind nicht quittierbar.			

Tabelle 13: Störungsmeldungen in Zusammenhang mit dem Sicherheitsmodul

8 Umbau und Modultausch

8.1 Tauschen des Sicherheitsmoduls

8.1.1 Reparatur



Eine Reparatur oder Instandsetzung des Moduls ist nicht zulässig. Falls erforderlich, tauschen Sie das komplette Modul.

8.1.2 Ausbau und Einbau



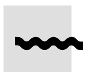
Informationen zum Aus- und Einbau des Sicherheitsmoduls finden Sie hier:

- Montage / Demontage des Sicherheitsmoduls siehe *Abschnitt 5.1*.
- Übernehmen der Seriennummer des getauschten Sicherheitsmoduls, siehe *Abschnitt 6.3.3*.

8.2 Außerbetriebnahme und Entsorgung

Beachten Sie die Hinweise zur Demontage des Sicherheitsmoduls in *Abschnitt 5.1*.

8.2.1 Entsorgung



Beachten Sie die örtlichen Vorschriften zur umweltgerechten Entsorgung von Elektronik-Baugruppen.

8.3 Ersatz der bisherigen Gerätegeneration SE-Power durch den SE-Power FS

8.3.1 SE-Power

Die Geräte der bisherigen Gerätegeneration SE-Power verfügen über eine fest im Gerät integrierte Sicherheitsfunktion STO „Safe Torque Off“ gemäß EN ISO 13849-1, Kat. 3 / PLd. Die geforderte Zweikanaligkeit der STO-Funktion wird über zwei unabhängige Abschaltpfade erreicht:

1. Abschaltpfad: Endstufenfreigabe über [X1.21], Abschaltung der Leistungsendstufe (Sperrung der PWM-Signale). Die Treiber für die Leistungshalbleiter werden nicht mehr mit Pulsmustern angesteuert.
2. Abschaltpfad: Unterbrechung der Versorgung der sechs Endstufen-Leistungshalbleiter (IGBTs) über [X3] mit Hilfe eines Relais. Die Treiberversorgung für die Leistungshalbleiter (IGBT-Optokoppler) wird mit einem Relais getrennt. Damit wird verhindert, dass Pulsmuster (PWM-Signale) an die Leistungshalbleiter gelangen.

Zusätzlich verfügt der SE-Power über einen potentialfreien Rückmeldekontakt ([X3] Pin 5 und 6), der als Diagnoseausgang das Vorhandensein der Treiberversorgung anzeigt.

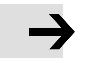
8.3.2 SE-Power FS

Die Geräte der Generation SE-Power FS verfügen in Kombination mit dem SE-Power FS Safety Module STO über die Sicherheitsfunktion STO „Safe Torque Off“ gemäß EN 61800-5-2 SIL3, bzw. EN ISO 13849-1, Kat. 4 / PL e. Die zwei Abschaltpfade werden über die Steuereingänge STO-A [X40.1] und STO-B [X40.3] realisiert. Der potentialfreie Rückmeldekontakt ([X40] Pin 5 und 6) ist ebenfalls vorhanden.

8.3.3 Änderungen der Anschlussverdrahtung

Um eine bestehende Applikation mit STO vom SE-Power auf den SE-Power FS umzustellen, sind folgende Änderungen in der Anschlussverdrahtung erforderlich:

- 1. Abschaltpfad:
  Verdrahtung Endstufenfreigabe [X1.21] beibehalten und parallel auf STO-A [X40.1] führen.
  GNDA [X40.2] mit 0 V [X40.8] verbinden, um das Bezugspotential zu verbinden.
- 2. Abschaltpfad:
  Verdrahtung Treiberversorgung [X3.RELAIS] jetzt auf STO-B [X40.3] führen.
  GNDB [X40.4] mit 0 V [X40.8] verbinden, um das Bezugspotential zu verbinden.
- Rückmeldekontakt:
  Anschluss für den Rückmeldekontakt [X3.5] und [X3.6] umlegen auf [X40.5] und [X40.6].



Hinweis

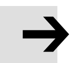
Im Betrieb verhalten sich die Rückmeldekontakte beim SE-Power und beim SE-Power FS kompatibel.

Bei abgeschalteter Logikversorgung (24 V) ist das Verhalten unterschiedlich:

- SE-Power: Kontakt geschlossen.
- SE-Power FS: Kontakt offen.

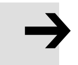
8.3.4 Hinweise zur Projektierung

Der SE-Power FS ermöglicht eine höhere Performance als der SE-Power. Wird dies ausgenützt, ist dies eine wesentliche Änderung der Maschine.



Hinweis

Der Parametersatz des SE-Power muss mit den gleichen Werten auf den Parametersatz des SE-Power FS übertragen werden. Werden diese Werte erhöht und es kommt dadurch zu einer Erhöhung der Gefährdung, muss eine neue Risikobewertung der Maschine durchgeführt werden.



Hinweis

Nach dem Austausch des Servopositionierreglers muss eine Validierung der Sicherheitsfunktion entsprechend den Vorgaben des Maschinenherstellers durchgeführt werden.

9 Technischer Anhang

9.1 Technische Daten

9.1.1 Sicherheitstechnik

Sicherheitskennzahlen			
Sicherheitsfunktion		STO	– Sichere Anlaufsperre (STO, Safe Torque Off) nach EN 61800-5-2 mit SIL3 – Sichere Anlaufsperre (STO, Safe Torque Off) nach EN ISO 13849-1 mit Kategorie 4 und PL e
SIL		SIL 3 / SIL CL 3	Sicherheitsstufe (Safety Integrity Level) nach EN 61800-5-2
Kategorie		4	Einstufung in Kategorie nach EN ISO 13849-1
PL		Pl e	Leistungsgrad (Performance Level) nach EN ISO 13849-1
DCavg	[%]	97,5	Mittlerer Diagnosedeckungsgrad (Average Diagnostic Coverage)
HFT		1	Hardware-Fehlertoleranz (Hardware Failure Tolerance)
SFF	[%]	99,2	Safe Failure Fraction (Safe Failure Fraction)
PFH		1,07 x 10^{-10}	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde (Probability of dangerous Failure per Hour)
PFD		2,3 x 10^{-5}	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung (Probability of dangerous Failure on Demand)
T	[Jahre]	20	Prüfintervall (Proof Test Interval) Gebrauchsdauer nach EN ISO 13849-1
MTTFd	[Jahre]	100	Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall (Mean time to dangerous failure) Rechnerisch 1450 Jahre, begrenzt auf 100 Jahre

Tabelle 14: Technische Daten: Sicherheitskennzahlen



9.1.2 Allgemein

Mechanisch		
Abmessungen (L x B x H)	[mm]	ca. 112,6 x 87,2 x 28,3
Gewicht	[g]	ca. 75
Steckplatz		Steckplatz für Funktionale Sicherheitsmodule
Werkstoff-Hinweis		RoHS-konform

Tabelle 15: Technische Daten: Mechanisch

Zulassungen (SE-Power FS Safety Module STO für den Servoregler SE-Power FS)	
CE-Zeichen	nach EU-EMV-Richtlinie
	nach EU-Maschinen-Richtlinie
	Das Gerät ist für den Einsatz im Industriebereich vorgesehen. Im Wohnbereich müssen evtl. Maßnahmen zur Funkentstörung getroffen werden.

Tabelle 16: Technische Daten: Zulassungen



9.1.3 Betriebs- und Umweltbedingungen

Transport		
Zulässiger Temperaturbereich	[°C]	–25 … +70
Luftfeuchtigkeit	[%]	0 ... 95, bei max. 40 °C Umgebungstemperatur
Maximale Transportdauer	[Wochen]	maximal 4 im gesamten Produktlebenszyklus

Tabelle 17: Technische Daten: Transport

Lagerung		
Zulässiger Temperaturbereich	[°C]	–25 … +55
Luftfeuchtigkeit	[%]	5 ... 95, nicht betauend, bzw. gegen Betauung geschützt
Zulässige Höhe	[m]	< 3000 (über NN)

Tabelle 18: Technische Daten: Lagerung

Umgebungsbedingungen		
Umgebungstemperatur	[°C]	0 … +40 (außerhalb des Gehäuses des Servopositionierreglers)
Kühlung		Über die Umgebungsluft im Servopositionierregler, keine Zwangsbelüftung
Zulässige Aufstellhöhe	[m]	< 2000 (über NN)
Schutzart		IP20 (montiert im SE-Power FS).
Luftfeuchtigkeit	[%]	Relative Luftfeuchte bis 90%, nicht betauend
Verschmutzungsgrad nach EN 61800-5-1		2
		Die integrierte Sicherheitstechnik erfordert die Einhaltung des Verschmutzungsgrades 2 und somit einen geschützten Einbauraum (IP54). Dies ist durch geeignete Maßnahmen immer zu gewährleisten, z. B. durch Einbau in einen Schaltschrank.

Tabelle 19: Technische Daten: Umgebungsbedingungen



9.1.4 Elektrische Daten

Steuereingänge STO-A, 0V-A / STO-B, 0V-B [X40]		
Nennspannung	[V]	24 (bezogen auf 0V-A/B)
Spannungsbereich	[V]	19,2 … 28,8
Zulässige Restwelligkeit	[%]	2 (bezogen auf Nennspannung 24 V)
Überspannungsabschaltung	[V]	31 (Abschaltung im Fehlerfall)
Nennstrom	[mA]	20 (typisch; maximal 30)
Einschaltstrom	[mA]	450 (typisch, Dauer ca. 2 ms; maximal 600 bei 28,8 V)
Eingangsspannungsschwelle		
Einschalten	[V]	ca. 18
Abschalten	[V]	ca. 12,5
Schaltzeit von High auf Low (STO-A/B_OFF)	[ms]	10 (typisch; maximal 20 bei 28,8 V)
Schaltzeit von Low auf High (STO-A/B_ON)	[ms]	1 (typisch; maximal 5)
Maximale positive Testimpulslänge bei 0-Signal	[µs]	< 300 (bezogen auf Nennspannung 24 V und Intervallen >2 s zwischen den Impulsen)

Tabelle 20: Technische Daten: Elektrische Daten der Eingänge STO-A und STO-B

Abschaltzeit bis Leistungsendstufe inaktiv und maximale Toleranzzeit für Testimpulse											
Eingangsspannung (STO-A/B)	[V]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Typische Abschaltzeit (STO-A/B_OFF)	[ms]	4,0	4,5	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,5
Maximale Toleranzzeit für Testimpulse bei 24 V-Signal	[ms]	<2,0	<2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0

Tabelle 21: Typische Abschaltzeit und minimale Toleranzzeit für Testimpulse (OSSD-Signale)

Rückmeldekontakt C1, C2 [X40]		
Ausführung		Relaiskontakt, Schließer
Max. Spannung	[V DC]	< 30 (überspannungsfest bis 60 V DC)
Nennstrom	[mA]	< 200 (nicht kurzschlussfest)
Spannungsabfall	[V]	≤ 1
Reststrom (Kontakt geöffnet)	[µA]	< 10
Schaltzeit Schließen (T_C1/C2_ON)	[ms]	< (STO-A/B_OFF [1)] + 5 ms)
Schaltzeit Öffnen (T_C1/C2_OFF)	[ms]	< (STO-A/B_ON [1)] + 5 ms)
1) STO-A/B_OFF, STO-A/B_ON ➔ *Tabelle 20*		

Tabelle 22: Technische Daten: Elektrische Daten des Rückmeldekontaktes C1/C2

Hilfsversorgung 24V, 0V [X40] – Ausgang		
Ausführung		Aus dem Servopositionierregler durchgeleitete Logikversorgungsspannung (eingespeist an [X9], nicht zusätzlich gefiltert oder stabilisiert). Verpolungsgeschützt, überspannungsfest bis 60 V DC.
Nennspannung	[V]	24
Nennstrom	[mA]	100 (kurzschlussfest, max 300 mA)
Spannungsabfall	[V]	≤ 1 (bei Nennstrom)

Tabelle 23: Technische Daten: Elektrische Daten des Hilfsversorgungs-Ausgangs

Galvanische Trennung	
Galvanisch getrennte Potentialbereiche	STO-A / 0V-A
	STO-B / 0V-B
	C1 / C2
	24V / 0V (Logikversorgung des Servopositionierreglers)

Tabelle 24: Technische Daten: Galvanische Trennung [X40]

Verkabelung		
Max. Kabellänge		
ungeschirmt	[m]	30
geschirmt	[m]	> 30
Schirmung		bei Verdrahtung außerhalb des Schaltschranks und Kabellängen > 30 m Schirmung bis in den Schaltschrank führen.
Leiterquerschnitt (flexible Leiter, Aderendhülse mit Isolierkragen)		
ein Leiter	mm^2	0,25 … 0,5
zwei Leiter	mm^2	2 x 0,25 (mit Zwillingsaderendhülsen)
Anzugsdrehmoment M2	[Nm]	0,22 … 0,25

Tabelle 25: Technische Daten: Verkabelung an [X40]



10 Glossar

Begriff/Abkürzung	Beschreibung
CCF	Common Cause Failure, Fehler gemeinsamer Ursache nach EN ISO 13849-1.
DC avg	Average Diagnostic Coverage, Diagnosedeckungsgrad nach IEC 61508 und EN 61800-5-2.
HFT	Hardware Fault Tolerance, Hardware-Fehlertoleranz nach IEC 61508.
Kat.	Sicherheitskategorie nach EN ISO 13849-1, Stufen 1-4.
MTTFd	Mean Time To dangerous Failure: Zeit in Jahren bis der erste gefährlichen Ausfall mit 100 % Wahrscheinlichkeit aufgetreten ist, nach EN ISO 13849-1.
Not-Aus	Nach EN 60204-1: Elektrische Sicherheit im Notfall durch Ausschalten der elektrischen Energie in der ganzen Installation oder einem Teil davon. Not-Aus ist einzusetzen, falls das Risiko eines elektrischen Schlags oder ein anderes Risiko elektrischen Ursprungs besteht.
Not-Halt	Nach EN 60204-1: Funktionale Sicherheit im Notfall durch Stillsetzen einer Maschine oder bewegter Teile. Not-Halt ist dazu bestimmt, einen Prozess oder eine Bewegung anzuhalten, sofern dadurch eine Gefährdung entstanden ist.
OSSD	„Output Signal Switching Device“: Ausgangssignale mit 24 V Pegel-Taktung für Fehleraufdeckung.
PFD	Probability of Failure on Demand, Ausfallwahrscheinlichkeit im Anforderungsfall nach IEC 61508.
PFH	Probability of Dangerous Failures per Hour, Gesamte Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde nach IEC 61508.
PL	Performance Level nach EN ISO 13849-1: Stufen a … e.
SFF	Safe Failure Fraction [%], Verhältnis der Ausfallraten sicherer und gefährlicher (aber erkennbarer) Ausfälle zu der Summe aller Ausfälle nach IEC 61508.
Sicherheits-schaltgerät	Gerät für die Ausführung von Sicherheitsfunktionen oder herbeiführen eines sicheren Zustands der Maschine durch Abschalten der Energiezuführung zu gefährlichen Maschinenfunktionen. Die gewünschte Sicherheitsfunktion wird nur in Kombination mit weiteren Maßnahmen zur Risikominderung erreicht, wobei die Abschaltung beispielsweise ein Servopositionierregler sein kann.
SIL	Sicherheits-Integritätslevel, diskrete Stufen zur Festlegung der Anforderungen zur Sicherheitsintegrität von Sicherheitsfunktionen nach IEC 61508, EN 62061 und EN ISO 13849.
SIL CL	Maximaler SIL, der von einem Teilsystem beansprucht werden kann.
SS1	Safe Stop 1, nach EN 61800-5-2.
STO	Safe Torque Off, Sicher abgeschaltetes Moment nach EN 61800-5-2.
T	Gebrauchsdauer nach EN ISO 13849-1.

Tabelle 26: Begriffe und Abkürzungen



Afag Automation AG
Fiechtenstrasse 32
4950 Huttwil

Schweiz

Tel.: +41 (0)62 – 959 86 86
Fax.: +41 (0)62 – 959 87 87
e-mail: sales@afag.com
Internet: www.afag.com